地理信息系统理论与应用丛书

ERDAS

遥感数字图像处理实验教程

杨 昕　汤国安　邓凤东　吕 恒　编著






科学出版社
www.sciencep.com

ERDAS 遥感数字图像处理实验教程

杨　昕　汤国安
邓凤东　吕　恒　编著

江苏省高等教育教学改革研究项目
“遥感地学分析”国家精品课程建设项目　资助出版

科学出版社
北京

内 容 简 介

本书是编者在系统总结教学和科研经验的基础上编写而成。本书较全面地介绍了 ERDAS IMAGINE 的主要功能和应用实例，主要包括 ERDAS IMAGINE应用基础、数据预处理、图像增强、图像分类、矢量功能及专题地图制作等基本图像处理功能和高光谱图像处理、雷达图像处理、空间分析、光谱分析、空间建模及批处理、立体分析、虚拟 GIS 等专题功能。一些章节配有具有典型意义的实例与练习，并在随书光盘中辅以相应数据，以便学生课后练习和复习。

本书强调科学性、系统性、实用性与易读性相结合，可作为高等院校测绘、遥感、地理信息系统、地理学等相关学科的教材，也可作为从事遥感图像处理等实践工作及科研活动的技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

ERDAS遥感数字图像处理实验教程/杨昕等编著．—北京：科学出版社，2009

ISBN 978-7-03-023417-9

Ⅰ．E… Ⅱ．杨… Ⅲ．遥感图像-图像处理-应用软件，Erdas Imagine-教材 Ⅳ．TP75-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2008）第 181300 号

责任编辑：韩 鹏 卜 新 / 责任校对：杜伟利

责任印制：钱玉芬 / 封面设计：王 浩

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码：100717

http://www.sciencep.com

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

2009 年 1 月第 一 版 开本：787×1092 1/16

2009 年 1 月第一次印刷 印张：30 1/4

印数：1—4 000 字数：700 000

定价：59.00 元（含光盘）

（如有印装质量问题，我社负责调换（环伟））

前　言

随着对地观测技术的不断发展，遥感图像越来越成为人们快速获取地表信息的主要资源，它正不断扩展人类对世界认知的广度和深度。遥感数字图像处理是对遥感图像的计算机处理，是计算机图像处理技术与遥感图像分析技术相结合的技术科学，是人们获得遥感图像信息的主要技术。遥感数字图像处理既要掌握已有数字图像处理方法，又要具有一定的地学背景知识。在GIS学习中，除了理论知识学习外，掌握GIS和RS专业软件应用是地理信息系统专业学生必须具备的技能之一。ERDAS IMAGINE 是美国ERDAS公司开发的遥感图像处理系统，具有丰富而强大的图像处理功能、高度的RS/GIS集成功能、先进的图像处理技术以及面向广阔应用领域的产品模块，代表了遥感图像处理系统未来的发展趋势，是遥感图像处理的主流软件之一。遥感数字图像处理是地理信息系统、测绘、遥感等专业的基础课程。因此，掌握遥感数字图像处理软件实际操作和应用是学生必须掌握的基本技能。

本书在系统介绍应用方法的基础上，配以典型的实例与练习，使读者在实践的基础上分析和探索，加深对遥感数字图像处理的理论认识，提高实践应用能力。全书共十二章。第一至六章为基础操作，以遥感图像处理基本流程为主线，着重介绍了ERDAS IMAGINE应用基础，图像校正、拼接、投影变换等图像预处理，图像增强，图像分类等遥感数字图像处理基本内容；第七至十二章为专业操作，以专题的形式介绍了ERDAS IMAGINE软件的空间分析功能及实用工具、图像光谱分析、空间建模及批处理工具、立体分析、虚拟GIS、矢量功能及专题地图制作等内容。

本书是编者在完成《ArcGIS地理信息系统空间分析实验教程》后的又一重要实验类教材，编撰历时2年。全书的编写力求实现科学性、系统性、实用性与易读性的有机结合，满足实验教学的需求。一些章节设有实例与练习，讲述详细操作步骤，并在随书光盘中辅以相应实验数据，有利于教师备课及学生课后练习和复习。本书得到江苏省及南京师范大学多项重点教学改革项目的支持。国内多名专家在教材的结构、内容、素材等方面给予了诸多指导与帮助。南京师范大学地理信息系统专业博士研究生石志宽、贾旖旎、周毅、陶旸，硕士研究生詹雷、曲木威振、朱雪坚、张勇、贾敦新、朱梅、高毅平、晏石江等负责部分章节的编写与书稿整理工作。在此，一并表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，书中不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

杨　昕　汤国安

2008年9月于南京师范大学

前　言

随着对地观测技术的不断发展，遥感图像越来越成为人们快速获取地表信息的主要资源，它正不断扩展人类对世界认知的广度和深度。遥感数字图像处理是对遥感图像的计算机处理，是计算机图像处理技术与遥感图像分析技术相结合的技术科学，是人们获得遥感图像信息的主要技术。遥感数字图像处理既要掌握已有数字图像处理方法，又要具有一定的地学背景知识。在GIS学习中，除了理论知识学习外，掌握GIS和RS专业软件应用是地理信息系统专业学生必须具备的技能之一。ERDAS IMAGINE 是美国ERDAS公司开发的遥感图像处理系统，具有丰富而强大的图像处理功能、高度的RS/GIS集成功能、先进的图像处理技术以及面向广阔应用领域的产品模块，代表了遥感图像处理系统未来的发展趋势，是遥感图像处理的主流软件之一。遥感数字图像处理是地理信息系统、测绘、遥感等专业的基础课程。因此，掌握遥感数字图像处理软件实际操作和应用是学生必须掌握的基本技能。

本书在系统介绍应用方法的基础上，配以典型的实例与练习，使读者在实践的基础上分析和探索，加深对遥感数字图像处理的理论认识，提高实践应用能力。全书共十二章。第一至六章为基础操作，以遥感图像处理基本流程为主线，着重介绍了ERDAS IMAGINE应用基础，图像校正、拼接、投影变换等图像预处理，图像增强，图像分类等遥感数字图像处理基本内容；第七至十二章为专业操作，以专题的形式介绍了ERDAS IMAGINE软件的空间分析功能及实用工具、图像光谱分析、空间建模及批处理工具、立体分析、虚拟GIS、矢量功能及专题地图制作等内容。

本书是编者在完成《ArcGIS地理信息系统空间分析实验教程》后的又一重要实验类教材，编撰历时2年。全书的编写力求实现科学性、系统性、实用性与易读性的有机结合，满足实验教学的需求。一些章节设有实例与练习，讲述详细操作步骤，并在随书光盘中辅以相应实验数据，有利于教师备课及学生课后练习和复习。本书得到江苏省及南京师范大学多项重点教学改革项目的支持。国内多名专家在教材的结构、内容、素材等方面给予了诸多指导与帮助。南京师范大学地理信息系统专业博士研究生石志宽、贾旖旎、周毅、陶旸，硕士研究生詹蕾、曲木威振、朱雪坚、张勇、贾敦新、朱梅、高毅平、晏石江等负责部分章节的编写与书稿整理工作。在此，一并表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，书中不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

杨　昕　汤国安

2008年9月于南京师范大学

目　录

前言
第一章　ERDAS IMAGINE 应用基础 …… 1
1.1　遥感数字图像处理概述 …… 1
1.1.1　遥感数字图像 …… 1
1.1.2　遥感数字图像处理 …… 2
1.1.3　遥感图像处理软件 …… 3
1.2　ERDAS 数据格式 …… 5
1.2.1　通用二进制数据格式 …… 5
1.2.2　IMG 格式 …… 7
1.3　ERDAS IMAGINE 图标面板 …… 8
1.4　数据显示基本功能 …… 9
1.4.1　视窗功能简介 …… 9
1.4.2　File 菜单操作 …… 10
1.4.3　文件显示顺序 …… 13
1.4.4　显示比例操作 …… 14
1.4.5　显示变换操作 …… 14
1.4.6　叠加显示操作 …… 15
1.5　数据信息查询 …… 16
1.5.1　光标查询功能 …… 16
1.5.2　量测功能 …… 17
1.5.3　图像信息显示 …… 18
1.6　常用遥感影像数据格式简介及输入方式 …… 19
1.6.1　Landsat-5 图像数据简介 …… 20
1.6.2　SPOT-5 图像数据简介 …… 22
1.6.3　MODIS 图像数据简介 …… 23
1.6.4　IKONOS 图像数据简介 …… 23
第二章　数据预处理 …… 25
2.1　图像校正 …… 25
2.1.1　图像几何校正的一般步骤 …… 25
2.1.2　图像几何校正的计算模型 …… 27
2.1.3　多项式校正 …… 28
2.1.4　数字正射校正 …… 36
2.2　图像拼接 …… 42
2.2.1　图像拼接功能简介 …… 43

2.2.2 多波段图像拼接 …… 45
2.2.3 剪切线拼接 …… 48
2.3 图像投影变换 …… 52
2.4 图像分幅裁剪 …… 53
2.4.1 规则分幅 …… 53
2.4.2 不规则分幅 …… 55
2.5 图像融合 …… 56
2.6 图像命令基本功能 …… 57
2.6.1 图像命令工具简介 …… 57
2.6.2 常用图像命令功能操作简介 …… 58
2.7 实例与练习：数据更新变换 …… 63
2.7.1 背景 …… 63
2.7.2 目的 …… 63
2.7.3 数据 …… 63
2.7.4 要求 …… 63
2.7.5 实验步骤 …… 64
第三章 图像增强 …… 66
3.1 辐射增强 …… 67
3.1.1 查找表拉伸 …… 67
3.1.2 直方图均衡化 …… 69
3.1.3 直方图匹配 …… 71
3.1.4 亮度反转 …… 74
3.1.5 去霾处理 …… 75
3.1.6 降噪处理 …… 76
3.1.7 去条带处理 …… 77
3.2 空间域增强 …… 78
3.2.1 卷积增强 …… 78
3.2.2 锐化增强 …… 81
3.2.3 非定向边缘检测 …… 82
3.2.4 聚焦分析 …… 83
3.2.5 纹理分析 …… 84
3.2.6 自适应滤波 …… 86
3.2.7 统计滤波 …… 87
3.3 频率域增强 …… 88
3.3.1 傅里叶变换 …… 88
3.3.2 傅里叶逆变换 …… 96
3.4 代数运算 …… 97
3.4.1 算术运算 …… 97
3.4.2 归一化指数 …… 99

3.5 主成分变换 …… 102
3.6 缨帽变换 …… 103
3.7 色彩增强 …… 105
3.8 实例与练习 …… 105
3.8.1 DEM数据与遥感影像复合 …… 105
3.8.2 基于主成分分析的遥感图像模拟真彩色融合 …… 109
第四章 图像分类 …… 113
4.1 非监督分类 …… 114
4.1.1 分类过程 …… 114
4.1.2 分类评价 …… 116
4.2 监督分类 …… 118
4.2.1 定义分类模板 …… 120
4.2.2 评价分类模板 …… 124
4.2.3 监督分类 …… 128
4.2.4 评价分类结果 …… 129
4.3 分类后处理 …… 132
4.3.1 聚类统计 …… 132
4.3.2 过滤分析 …… 133
4.3.3 去除分析 …… 133
4.3.4 分类重编码 …… 134
4.4 专家分类系统 …… 135
4.4.1 知识工程师 …… 135
4.4.2 知识分类器 …… 143
4.5 实例与练习：某地区的遥感影像分类 …… 144
第五章 高光谱图像处理 …… 151
5.1 归一化处理 …… 152
5.2 数值调整 …… 154
5.3 相对反射 …… 156
5.3.1 内在平均相对反射 …… 157
5.3.2 自动相对反射 …… 157
5.4 对数残差 …… 159
5.4.1 对数残差 …… 159
5.4.2 自动对数残差 …… 160
5.5 均值 …… 161
5.5.1 光谱均值 …… 161
5.5.2 像元均值 …… 163
5.6 剖面 …… 164
5.6.1 光谱剖面 …… 165
5.6.2 空间剖面 …… 166

5.6.3 三维空间剖面 …… 167
5.7 信噪比 …… 169
5.8 光谱库 …… 170
第六章 雷达图像处理 …… 171
6.1 基本功能 …… 171
6.1.1 斑点噪声消除 …… 171
6.1.2 边缘增强处理 …… 174
6.1.3 图像增强 …… 176
6.1.4 纹理结构分析 …… 181
6.1.5 图像亮度调整 …… 181
6.2 正射雷达图像校正 …… 183
6.2.1 地理编码 SAR 图像 …… 183
6.2.2 正射校正 SAR 图像 …… 186
6.2.3 使用 GCP 正射校正 SAR 图像 …… 188
6.2.4 对比 OrthoRadar 正射校正效果 …… 193
6.3 利用立体 SAR 影像建立 DEM …… 194
6.3.1 新建 StereoSAR DEM 工程 …… 195
6.3.2 输入设置 …… 196
6.3.3 获取图像子集 …… 199
6.3.4 消除斑点噪声的影响 …… 200
6.3.5 第一次像元降级处理 …… 201
6.3.6 配准 …… 202
6.3.7 图像匹配 …… 207
6.3.8 第二次像元降级处理 …… 209
6.3.9 生成 DEM …… 209
6.4 利用雷达干涉测量方法生成 DEM …… 212
6.4.1 创建 IMAGINE IFSAR DEM 工程 …… 212
6.4.2 输入设置 …… 213
6.4.3 图像配准 …… 214
6.4.4 Interfere 操作 …… 223
6.4.5 相位解缠操作 …… 226
6.4.6 高程生成操作 …… 227
第七章 空间分析 …… 231
7.1 地形分析 …… 231
7.1.1 坡度 …… 231
7.1.2 坡向 …… 232
7.1.3 高程分带 …… 233
7.1.4 地形阴影 …… 234
7.1.5 地形渲染图 …… 236

5.6.3 三维空间剖面 …… 167
5.7 信噪比 …… 169
5.8 光谱库 …… 170
第六章 雷达图像处理 …… 171
6.1 基本功能 …… 171
6.1.1 斑点噪声消除 …… 171
6.1.2 边缘增强处理 …… 174
6.1.3 图像增强 …… 176
6.1.4 纹理结构分析 …… 181
6.1.5 图像亮度调整 …… 181
6.2 正射雷达图像校正 …… 183
6.2.1 地理编码 SAR 图像 …… 183
6.2.2 正射校正 SAR 图像 …… 186
6.2.3 使用 GCP 正射校正 SAR 图像 …… 188
6.2.4 对比 OrthoRadar 正射校正效果 …… 193
6.3 利用立体 SAR 影像建立 DEM …… 194
6.3.1 新建 StereoSAR DEM 工程 …… 195
6.3.2 输入设置 …… 196
6.3.3 获取图像子集 …… 199
6.3.4 消除斑点噪声的影响 …… 200
6.3.5 第一次像元降级处理 …… 201
6.3.6 配准 …… 202
6.3.7 图像匹配 …… 207
6.3.8 第二次像元降级处理 …… 209
6.3.9 生成 DEM …… 209
6.4 利用雷达干涉测量方法生成 DEM …… 212
6.4.1 创建 IMAGINE IFSAR DEM 工程 …… 212
6.4.2 输入设置 …… 213
6.4.3 图像配准 …… 214
6.4.4 Interfere 操作 …… 223
6.4.5 相位解缠操作 …… 226
6.4.6 高程生成操作 …… 227
第七章 空间分析 …… 231
7.1 地形分析 …… 231
7.1.1 坡度 …… 231
7.1.2 坡向 …… 232
7.1.3 高程分带 …… 233
7.1.4 地形阴影 …… 234
7.1.5 地形渲染图 …… 236

7.1.6 地形校正 …… 237
7.1.7 等高线生成 …… 238
7.1.8 可视域分析 …… 239
7.1.9 DEM 高程单位转换 …… 240
7.1.10 浮雕生成工具 …… 241
7.2 GIS 分析 …… 242
7.2.1 邻域分析 …… 242
7.2.2 叠加分析 …… 243
7.2.3 指标分析 …… 245
7.2.4 查找分析 …… 247
7.2.5 矩阵分析 …… 247
7.2.6 归纳分析 …… 249
7.2.7 区域统计 …… 251
7.2.8 重编码 …… 251
7.3 实用工具 …… 252
7.3.1 变化检测 …… 252
7.3.2 图像掩膜 …… 254
7.3.3 提取子集 …… 255
7.3.4 函数分析 …… 256
7.3.5 代数运算 …… 257
7.3.6 色彩聚类 …… 258
7.3.7 数值调整 …… 258
7.3.8 图层组合 …… 259
7.3.9 重投影 …… 259
7.3.10 矢量栅格转换 …… 260
7.4 实例与练习 …… 261
7.4.1 提取山顶点 …… 261
7.4.2 计算退耕还林还草面积 …… 263
第八章 光谱分析 …… 267
8.1 光谱分析基本理论 …… 267
8.2 光谱分析工作站 …… 269
8.3 异常检测 …… 272
8.3.1 简单异常检测 …… 272
8.3.2 坏波段检测 …… 274
8.4 目标探测 …… 276
8.4.1 简单目标探测 …… 277
8.4.2 使用光谱库信号的目标探测 …… 278
8.4.3 光谱子集 …… 283
8.5 物质识别 …… 286

8.5.1 简单物质识别 …… 286
8.5.2 使用光谱子集工具 …… 290
8.6 最小噪声比率变换 …… 293
8.6.1 自动模式 …… 294
8.6.2 交互模式 …… 297
8.7 大气校正 …… 300
8.7.1 IARR 工具 …… 300
8.7.2 编辑平场 …… 303
8.7.3 经验线性法 …… 306
8.7.4 估算结果 …… 310
第九章 空间建模及批处理 …… 317
9.1 空间建模的基本概念 …… 317
9.1.1 ERDAS IMAGINE 9.1 空间建模工具组成 …… 317
9.1.2 图形模型的基本类型及形成过程 …… 318
9.1.3 图形模型的形成过程 …… 319
9.2 模型生成器 …… 319
9.2.1 启动 ERDAS IMAGINE 9.1 空间建模模块 …… 319
9.2.2 模型生成器 …… 320
9.3 实例与练习 …… 328
9.3.1 建模思路 …… 328
9.3.2 操作流程图 …… 328
9.3.3 具体操作 …… 328
9.4 批处理操作 …… 334
9.4.1 批处理功能介绍 …… 334
9.4.2 批处理操作过程 …… 335
第十章 立体分析 …… 344
10.1 基础理论 …… 344
10.1.1 立体分析概述 …… 344
10.1.2 坐标系统 …… 347
10.1.3 内定向 …… 348
10.1.4 外定向 …… 349
10.1.5 共线方程 …… 350
10.1.6 空间前方交会 …… 350
10.1.7 立体模型和视差 …… 351
10.1.8 三维浮动光标和要素采集 …… 353
10.2 建立 DSM 表面 …… 355
10.2.1 概述 …… 355
10.2.2 环境设置 …… 356
10.2.3 加载立体分析数据 …… 356

10.2.4 打开左航片 …… 356
10.2.5 添加第二张影像 …… 357
10.3 三维信息测量 …… 364
10.3.1 环境设置 …… 364
10.3.2 打开块文件 …… 364
10.3.3 打开立体像对选择器 …… 366
10.3.4 进行三维测量 …… 367
10.3.5 保存测量结果 …… 376
10.4 实例与练习：三维环境下的立体测量 …… 377
10.4.1 问题描述 …… 377
10.4.2 环境设置 …… 377
10.4.3 创建新的要素项目 …… 378
10.4.4 采集建筑要素 …… 382
第十一章 虚拟 GIS …… 392
11.1 虚拟 GIS 简介 …… 392
11.2 虚拟 GIS 工程 …… 393
11.2.1 创建虚拟 GIS 工程 …… 393
11.2.2 编辑 VirtualGIS 视景 …… 396
11.2.3 叠加 GIS 要素层 …… 402
11.3 虚拟 GIS 导航 …… 415
11.3.1 设置导航模式 …… 415
11.3.2 虚拟 GIS 漫游 …… 416
11.4 虚拟 GIS 飞行 …… 417
11.5 三维动画制作 …… 423
11.5.1 三维飞行记录 …… 423
11.5.2 三维动画工具 …… 424
11.6 空间视域分析 …… 425
11.6.1 视域分析数据准备 …… 425
11.6.2 生成多层视域数据 …… 427
11.6.3 虚拟世界视域分析 …… 430
11.7 实例与练习：三维场景制作 …… 433
第十二章 矢量功能及专题地图制作 …… 437
12.1 矢量显示 …… 437
12.1.1 图形显示操作 …… 437
12.1.2 矢量要素符号化显示 …… 438
12.2 特征选取与查询 …… 439
12.2.1 查看选择特征属性 …… 439
12.2.2 特征选取 …… 440
12.3 矢量数据编辑 …… 442

12.3.1 建立矢量要素 …… 442
12.3.2 修改矢量数据 …… 442
12.3.3 删除矢量要素 …… 443
12.4 矢量图层生成与编辑 …… 443
12.4.1 生成矢量图层 …… 444
12.4.2 由 ASCII 文件生成点图层 …… 447
12.4.3 镶嵌多边形矢量图层 …… 447
12.4.4 生成矢量图层的子集 …… 448
12.4.5 创建拓扑 …… 449
12.5 矢量图层管理 …… 451
12.5.1 图层管理 …… 451
12.5.2 矢栅转换 …… 453
12.6 专题地图编辑 …… 456
12.6.1 专题地图编辑器功能 …… 456
12.6.2 专题地图编辑过程 …… 456
12.7 系列地图编辑工具 …… 462
12.7.1 系列地图编辑功能 …… 462
12.7.2 系列地图输出编辑与保存 …… 463
12.8 专题地图输出 …… 464
12.9 实例与练习：某区域遥感专题地图制作 …… 465
主要参考文献 …… 471

第一章　ERDAS IMAGINE 应用基础

自 20 世纪 60 年代以来遥感技术迅速崛起，它改变了人类认识地球，了解地球的角度和方式。随着计算机技术、光学感应技术以及测绘技术的发展，遥感技术也从以飞机为主要载体的航空遥感发展到以航天飞机、人造地球卫星等为载体的航天遥感，极大地拓展了人们的观测视野，丰富了对地观测信息的来源。随着信息量的增加，如何快速、高效地提取有效信息，是遥感技术亟待解决的难题，也促进了遥感数字图像处理技术的发展。

1.1　遥感数字图像处理概述

1.1.1　遥感数字图像

遥感数字图像（digital image）是以数字形式采集、存储、运算、表达、传输的遥感影像，它的最基本的单位是像素（pixel）。像素是遥感成像过程的采样点，或者是在由模拟图像转换为数字图像时的取样点，同时，像素也是计算机图像处理的最小单元。像素所具有的空间位置特征和属性特征是整个图像信息表达的关键。遥感数字图像处理的过程也就是针对像素矩阵的计算过程。

像素是一幅遥感数字图像最基本的构成单元，故而像素的特征决定了图像的特征。像素最基本的特征包括三个方面：像素的大小、像素的空间位置以及像素的属性。

像素的大小即每个像素单元的面积大小，也称遥感数字图像的分辨率。像素单元越大，图像的分辨率越低，对图像细节的表达越不明显。但是同样面积大小的图像所包含的像素单元数却会减少，降低了数据的存储空间。反之，像素单元面积越小，图像的分辨率越高，同样面积的图像所包含的像素单元数目越多，对图像细节表达越清楚，但增加了数据量。这就要求在实际应用时通过最佳像素大小的确定来找到图像细节表达与数据量之间的最佳平衡。

像素的空间位置用离散的 X 值和 Y 值表示。一幅遥感图像实质上就是一个矩阵，对于有 $M*N$ 个像素的遥感图像，可表示为如下函数：

$$f(X,Y)=\begin{cases} f(0,0),f(0,1),f(0,2),\cdots,f(0,N-1) \\ f(1,0),f(1,1),f(1,2),\cdots,f(1,N-1) \\ f(2,0),f(2,1),f(2,2),\cdots,f(2,N-1) \\ \quad\vdots \\ f(M-1,0),f(M-1,1),f(M-1,2),\cdots,f(M-1,N-1) \end{cases}$$

式中：M 表示行数；N 表示列数。矩阵中的每一个元素代表遥感数字图像的一个像素。

遥感数字图像像素的属性特征包括亮度、色彩两个方面。对于灰度图像来说，其像素的属性特征主要是亮度值，对于彩色图像来说，颜色属性也是其一个重要的特征。这

两个属性主要记录了地物点反射电磁波的强度和波段。故而，这两个属性是区分地物的重要特征属性。

1.1.2 遥感数字图像处理

对遥感图像进行一系列的操作，以求达到预期目的的技术称作遥感图像处理。遥感图像处理可分为两类：一是利用光学、照相和电子学的方法对遥感模拟图像（照片、底片）进行处理，简称为光学处理；二是利用计算机对遥感数字图像进行一系列操作，从而获得某种预期结果的技术，称做遥感数字图像处理。

遥感数字图像处理，根据抽象程度不同可分为三个层次：狭义的图像处理、图像分析和图像解译。

狭义的图像处理着重强调在图像之间进行变换。主要是对图像进行各种操作以改善图像的视觉效果，或校正图像误差，或对图像进行压缩编码，以减少所需存储空间或传输时间。狭义的图像处理是从一个图像到另一个图像的过程。

图像分析主要是对图像中感兴趣的目标进行检测和量测，从而建立对图像的描述。图像分析是从一个图像到数值或符号表示的过程。

图像解译是进一步研究图像中各目标物的性质、特征和它们之间的相互关系，并得出对图像内容的理解以及对原来地面客观地物、场景的判定，从而为生产、科研提供真实的、全面的客观世界各方面的信息。图像理解是借助知识、经验进行遥感图像解译的过程。

到目前为止，根据遥感数字图像处理的目的不同，大致可分为以下几种。

1.1.2.1 图像转换

在遥感图像的使用中，根据目的的不同，有时需要将模拟图像输入计算机进行处理，处理完后又需要将数字图像转换为模拟图像输出，这个过程就叫做图像转换。

由于光学图像又称做模拟图像，因此，把光学图像转换为数字图像称模/数转换，记做 A/D 转换。模/数转换的过程需利用数字化扫描仪或数码相机等设备来实现。

把数字图像转换成光学图像，称之为数/模转换，记做 D/A 转换。数/模转换须经电光变换线路来调制一些发光器件，如辉光灯、氖灯、阴极射线管、电视显像管等。

图像转换的另一种含义是为使图像处理问题简化或有利于图像特征提取等目的而实施的图像变换工作，如二维傅里叶变换、沃尔什-哈达玛变换、哈尔变换、离散余弦变换和小波变换等。

1.1.2.2 数字图像校正

遥感数字图像的校正，主要包括辐射校正和几何校正两种。

辐射校正：指校正因大气的影响和因传感器本身影响而产生的辐射误差。进入传感器的电磁辐射强度反映在遥感数字图像上就是亮度值。辐射强度越大，亮度值越大。该值与地物的反射率或发射率保持一定的对应关系，但因受大气辐射的影响，受传感器本身产生辐射误差的影响，这种对应关系发生了改变，这一改变部分就是需要校正部分。

由仪器本身产生的辐射误差，导致接收图像不均匀，产生条纹和噪声，一般来说，应该由图像生产单位根据传感器参数进行校正，而不需要用户自己校正。由大气辐射影响产生的辐射误差，应由用户根据使用图像的目的、根据具体情况采用适当的方法，予以校正。

几何校正：当遥感数字图像在几何位置上发生变化，产生诸如行列不均匀、像元大小与地面大小对应不准确、地物形状不规则变化时，即说明遥感数字图像发生了几何畸变。校正几何畸变的工作称之为几何校正，或称几何纠正。

1.1.2.3 数字图像增强

采用一系列技术改善图像的视觉效果，提高图像的清晰度、对比度，突出所需的信息的工作称之为图像增强。图像增强处理不是以图像保真度为原则，而是设法有选择地突出便于人或机器分析的某些感兴趣的信息，抑制一些无用的信息，以提高图像的使用价值。

到目前为止，遥感数字图像增强还缺乏统一的理论，增强方法的选择只靠人的主观感觉、图像的质量和增强欲达到的目的来确定。较为简单的数字图像增强处理的方法有：对比度增强、空间滤波、彩色变换、图像运算和多光谱变换等。

1.1.2.4 多源信息复合

从广义的遥感数字图像处理角度来看，多源信息复合可列入图像处理范畴。多源信息复合是指将多种遥感平台，多时相遥感数据之间以及遥感数据与非遥感数据之间的信息组合匹配的技术。复合后的遥感图像数据将更有利于综合分析，提高遥感数据的可应用性，同时也为进一步应用地理信息系统技术打下基础。

多源信息复合，可分为遥感信息复合以及遥感与非遥感信息复合。在图像处理中，采用何种形式的信息复合，要根据使用遥感数字图像的目的和工作任务来确定。

1.1.2.5 遥感数字图像计算机解译处理

从广义的遥感数字图像处理来讲，计算机解译处理也属于图像处理范畴。因为在实施图像计算机解译工作中，要综合运用地学分析、遥感图像处理、地理信息系统、模拟识别与人工智能技术，这些技术的运用都应在计算机系统支持下进行，采取相应的遥感数字图像的处理方法。显而易见，遥感数字图像的计算机解译成果是图像处理具体应用的结果。

1.1.3 遥感图像处理软件

ERDAS IMAGINE 是美国 ERDAS 公司开发（后被 Leica 公司收购）的遥感图像处理系统。它具有先进的图像处理技术，友好、灵活的用户界面和操作方式，面向广阔应用领域的产品模块，服务于不同层次用户的模型开发工具以及高度的 RS/GIS（遥感图像处理和地理信息系统）集成功能。ERDAS IMAGINE 软件为遥感及相关应用领域的用户提供内容丰富而功能强大的图像处理工具，是遥感图像处理技术未来发展趋势。

ERDAS IMAGINE 具有较为强大的图像处理功能，比较常见的功能见表 1.1。

表 1.1 ERDAS IMAGINE 图像处理功能介绍

功能	简介
图像几何校正	将图像数据投影到平面上，使其符合地图投影系统的过程
图像投影变换	实现不同地图投影类型间的转换
图像空间增强	利用像元自身及其周围像元的灰度值进行运算，实现整个图像的增强
图像辐射增强	对单个像元的灰度值进行变换达到图像增强的目的
图像光谱增强	基于多波段数据对每个像元的灰度值进行变换，达到图像增强的目的
图像分类	给予图像像元的数据文件值，将像元归并成有限的几种类型、等级或数据集的过程，主要包括非监督分类、监督分类及专家分类
雷达图像处理	该模块主要进行雷达图像亮度调整、斑点噪声压缩、斜距调整、纹理分析和边缘提取等一些基本处理
空间分析	基于图像地物的空间展布特征进行诸如临域分析、缓冲区分析、叠加分析、区域分析、可视域、最短路径分析等的模块
立体分析	直接从影像获取地理要素的三维地理信息，可用于在没有数字高程模型的情况下，实现不同影像三维信息的精确采集、解译及可视化
虚拟 GIS	给用户提供一种对大型数据库进行实时漫游操作的途径，可在虚拟环境下显示和查询多层栅格图像、矢量图像和注记数据

ERDAS IMAGINE 系列软件针对不同层次的用户设定不同的级别的产品架构，分别为针对入门级用户使用的 IMAGINE Essentials 级，建立在 IMAGINE Essentials 级之上的 IMAGINE Advantage 级，以及面向复杂分析、具有丰富处理工具的专业级用户的 IMAGINE Professional 级。它的这种模块化的设计可以使用户根据自己的应用需求、专业背景、资金情况合理的选择使用，并进行拼接组合，从而合理的利用的软硬件资源，提高软件的使用效率。

1.1.3.1 IMAGINE Essentials 级

包括制图和可视化等核心功能的影像工具软件。无论用户是独立地从事工作或是处在企业协同计算的环境下，都可以借助 IMAGINE Essentials 完成二维或三维显示、数据输入、排序与管理、地图配准、制图输出以及简单的分析，还可以集成使用多种数据类型，并在保持相同的易于使用和易于剪裁的界面下升级到其他的 ERDAS 公司产品。

1.1.3.2 IMAGINE Advantage 级

是建立在 IMAGINE Essentials 级基础之上的，增加了更丰富的图像光栅 GIS 和单片航片正射矫正等强大功能的软件。IMAGINE Advantage 为用户提供了灵活可靠的用于光栅分析，正射矫正，地形编辑及先进的影像镶嵌工具。简而言之，IMAGINE Advantage 是一个完整的图像地理信息系统（IMAGING GIS）。

1.1.3.3 IMAGINE Professional 级

是面向从事复杂分析，需要最新和最全面处理工具，经验丰富的专业用户。Professional 是功能完整丰富的地理图像系统。除了 Essentials 和 Advantage 中包含的功能以外，IMAGINE Professional 还提供轻松易用的空间建模工具（使用简单的图形化界面），高级的参数/非参数分类器，分类优化和精度评定，以及高光谱、雷达分析工具。它是最完整的制图和显示、信息提取、正射矫正、复杂空间建模和尖端的图像处理系统。

Leica 公司于 2006 年推出了 ERDAS IMAGINE 9.1 版本。该版本提供了企业级的性能。对于需要采集大量地理空间数据的机构来说，使用一个存储着地理空间信息的中央关系型数据库处理有着巨大的好处。通过最终用户能够可视化和获取数据，各个机构实现他们投资的最优化。ERDAS IMAGINE 提供了客户端与空间感知数据库之间的交互作用，如 ESRI 的 ArcSDE 和 Oracle Spatial 10g，这些都延续了 ERDAS IMAGINE 帮助用户最大化利用影像的传统。同时，ERDAS IMAGINE 9.1 版本又新增了如下一些模块：IMAGINE AutoSync 影像自动匹配配准模块、IMAGINE Easytrace 影像智能矢量化模块、Toolkit Developers' Network 9.0 C 开发包支持网络、IMAGINE Virtual Explorer V3.0、IMAGINE Enterprise Loader ™等。

1.2 ERDAS 数据格式

ERDAS IMAGINE 9.1 版本支持动态链接库（DLL）体系结构，使它支持的数据格式达 156 种，可以输出的数据格式有 58 种，几乎包括所有常见的栅格数据和矢量数据格式，具体的数据格式都罗列在 IMAGINE 输入输出对话框中，而表 1.2 列出了实际工作中可能用到的 IMAGINE 所支持的较为常用数据格式。

表 1.2 ERDAS IMAGINE 9.1 常用数据格式

支持输入数据格式	ArcInfo Coverage E00、ArcInfo GRID E00 ERDAS GIS、ERDAS LAN、Shape File、DXF、DGN、IGDS、Generic Binary、Geo TIFF、TIFF、JPEG、USGS DEM、GRID、GRASS、TIGER、MSS Landsat、TM Landsat、Landsat-7、SPOT、AVHRR、RADARSAT 等
支持输出数据格式	ArcInfo Coverage E00、ArcInfo GRID E00、ERDAS GIS、ERDAS、LAN、Shape File、DXF、DGN、IGDS、Generic Binary、Geo TIFF TIFF、JPEG、USGS DEM、GRID、GRASS、TIGER、DFAD、OLG、DOQ、PCX、SDTS、VPF 等

1.2.1 通用二进制数据格式

用户从遥感卫星地面站购置的数据一般为通用二进制（generic binary）数据，外加一个说明性的头文件。其中，generic binary 数据主要包含三种数据类型：BSQ 格式、

BIP 格式、BIL 格式，具体介绍如下。

1.2.1.1 BSQ（band sequential）数据格式

BSQ 是按波段顺序依次排列的数据格式。数据排列遵循以下规律：

第一波段位居第一，第二波段位居第二，第 n 波段位居第 n 位。在每个波段中，数据依据行号顺序依次排列，每一列内，数据按像素顺序排列，见表 1.3。

表 1.3 BSQ（band sequential）数据格式

第一波段	(1, 1) (2, 1) ⋮ (m, 1)	(1, 2) (2, 2) (m, 2)	(1, 3) (2, 3) (m, 3)	(1, 4) (2, 4) (m, 4)	… … …	(1, n) (2, n) (m, n)
第二波段	(1, 1) (2, 1) ⋮ (m, 1)	(1, 2) (2, 2) ⋮ (m, 2)	(1, 3) (2, 3) (m, 3)	(1, 4) (2, 4) (m, 4)	… … …	(1, n) (2, n) (m, n)
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
第 n 波段	(1, 1) (2, 1) ⋮ (m, 1)	(1, 2) (2, 2) (m, 2)	(1, 3) (2, 3) (m, 3)	(1, 4) (2, 4) (m, 4)	… … …	(1, n) (2, n) (m, n)

1.2.1.2 BIP（band interleaved by pixel）数据格式

BIP 格式中，每个像元按波段次序交叉排序。数据排序遵循以下规律：

第一波段第一行第一个像素位居第一，第二波段第一行第一个像素位居第二，依此类推，第 n 波段第一行第一个像素位居第 n 位；然后第一波段第二个像素，位居第 $n+1$ 位，第二波段第一行第二个像素位居第 $n+2$ 位；其余数据排列依次类推，见表 1.4。

表 1.4 BIP 数据排列表

行	第一波段	第二波段	…	第 n 波段	第一波段	第二波段	…
第一行	(1, 1)	(1, 1)	…	(1, 1)	(1, 2)	(1, 2)	…
第二行	(2, 1)	(2, 1)	…	(2, 1)	(2, 2)	(2, 2)	…
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
第 N 行	(n, 1)	(n, 1)	…	(n, 1)	(n, 2)	(n, 2)	…

1.2.1.3 BIL（band interleaved line）数据格式

BIL 格式是逐行按波段次序排列，数据排列遵循以下规律：

第一波段第一行第一个像素位居第一，第一波段第一行第二个像素位居第二，依此类推，第一波段第一行第 n 个像素位居第 n 位；然后第二波段第一行第一个像素位居第 $n+1$ 位，第二波段第一行第二个像素位居 $n+2$ 位；其余数据排列位置依次类推，见表 1.5。

表 1.5　BIL 数据排列表

第一波段	(1, 1)	(1, 2)	(1, 3)	(1, 4)	…	(1, n)
第二波段	(1, 1)	(1, 2)	(1, 3)	(1, 4)	…	(1, n)
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
第 n 波段	(1, 1)	(1, 2)	(1, 3)	(1, 4)	…	(1, n)
第一波段	(2, 1)	(2, 2)	(2, 3)	(2, 4)	…	(2, n)
第二波段	(2, 1)	(2, 2)	(2, 3)	(2, 4)	…	(2, n)
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

以计算机兼容磁带（CCT）或 CD-ROM 提供的遥感数字图像的文件中，除了数字图像本身的数据外，还附带有各种辅助信息，这些信息或数据是进行数据分发、图像处理时的参考或说明。

1.2.2　IMG 格式

IMG 格式是 ERDAS IMAGINE 软件专用的文件格式，它支持单波段和多波段遥感影像数据的存储。为方便影像存储、处理及分析，遥感数据源必须首先使用数据转换模块转换为 .img 格式进行存储。转换后的 *.img 格式文件包含图像对比度、色彩值、描述表、影像金字塔结构信息及文件属性信息。针对同一个影像，*.img 格式使得诸如 *.rrd、*.hdr 等文件成为一个整体。只有 *.img 文件的存在才能保证数据的打开。ERDAS 能够自动根据 *.img 的文件名，探测出同一个文件夹下的具有相同文件名的其他信息文件（*.hdr，*.rrd…），并调用其中的信息。打开 ERDAS 的文件时，最好在软件的 view 视窗下，通过 open 命令打开，不要直接双击 *.img 文件，或者其他的 *.hdr，*.rrd 文件。

IMG 格式的设计非常灵活，由一系列节点构成（图 1.1），除了可以灵活地存储各种信息外，还有一个重要的特点是图像的分块存储。一幅 IMG 图像按照其行列数被分成了 n 块，如 512×512（行×列）的图像被分成了 64 块（横向为 8 行，纵向为 8 列），每一块的大小是 64×64。IMG 格式的这种存储以及显示的模式称为金字塔式存储显示模式（简称塔式结构）。塔式结构图像按分辨率分级存储与管理，最底层的分辨率最高、数据量最大，分辨率越小，其数据量越

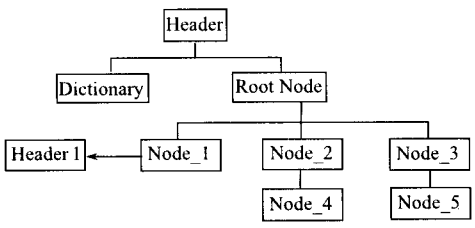


图 1.1　IMG 格式的基本结构

小，从而不同分辨率的遥感图像形成塔式结构。ERDAS IMAGINE 采用这种图像金字塔结构建立的遥感影像数据库，便于组织、存储、显示与管理多尺度、多数据源遥感影像数据，实现跨分辨率的索引与浏览。它突破了对以往 IMG 图像尺寸的限制（2GB），如果不受操作系统和磁盘分区的限制，其 IMG 光栅 DLLs 可以支持和产生大于 4GB 的图形文件。

ERDAS IMAGINE 软件支持动态链接库（DLL）体系结构，它支持目标共享技术和面向目标的设计开发，提供一种无需对系统进行重新编译和链接而向系统加入新功能的方法，并允许在特定的项目中更改这些扩充的功能。在 ERDAS IMAGINE 中直接提供了图像格式 DLL、地形模型 DLL 等动态链接库。其中图像格式 DLL 可对多种图像格式无需转换直接访问，从而提高易用性和节省磁盘空间。它所支持的图像格式包括：IMG、GRID、LAN/GIS、TIFF（GeoTIFF）、GIF、JFIF（JPEG）、FIT 和原始二进制格式。

1.3 ERDAS IMAGINE 图标面板

ERDAS IMAGINE 软件的最大特点就是软件设计的模块化以及功能的模块化。启动 ERDAS IMAGINE 软件，首先看到的是 ERDAS IMAGINE 的图标面板。每一个图标代表一类功能。如图 1.2 所示，ERDAS IMAGINE 9.1 版本的 Professional 级所具有的图标面板共有 13 个，其各自所能实现功能如表 1.6 所示。

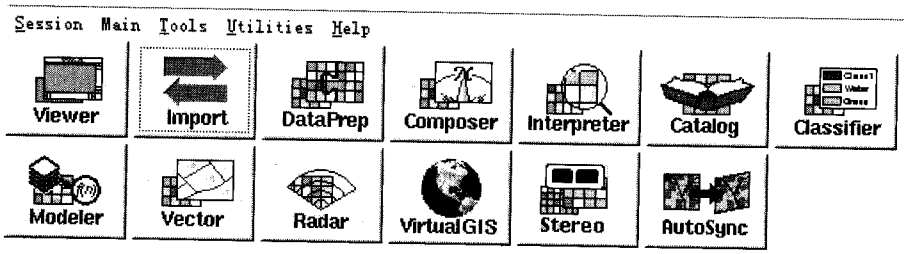
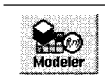
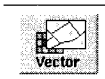
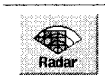


图 1.2 ERDAS IMAGINE 9.1 图标面板

ERDAS IMAGINE 软件包含较多功能模块，它的环境参数设置相对较为繁杂。这里主要介绍总体环境参数的设置。

在主菜单栏里选择 Session | Preference Editor 命令，打开 Preference Editor 对话框，此时对话框左侧 Category 栏内默认选项为 User Interface & Session，在右侧可根据需要对环境参数进行设置。例如，默认文件获取路径（Default Data Directory）为可根据用户需要设置自己的文件存放路径；“Default Output Directory”为设置默认文件存放路径等等。

表 1.6　图标面板功能简介

图标	功 能 简 介
	该模块主要实现图形图像的显示，是人机对话的关键
	数据输入输出模块，主要实现外部数据的导入、外部数据与ERDAS支持数据的转换及ERDAS内部数据的导出
	数据预处理模块，主要实现图像拼接、校正、投影变换、分幅裁剪、重采样等功能
	专题制图模块，主要实现专题地图的制作
	启动图像解译模块，主要实现图像增强、傅里叶变换、地形分析及地理信息系统分析等功能
	图像库管理模块，实现入库图像的统一管理，可方便地进行图像的存档与恢复
	图像分类模块，实现监督分类、非监督分类及专家分类等功能
	空间建模模块，主要是通过一组可以自行编制的指令集来实现地理信息和图像处理的操作功能
	矢量功能模块，主要包括内置矢量模块及扩展矢量模块，该模块是基于ESRI的数据模型开发的，所以它直接支持coverage、shapfile及vector layer等格式数据
	雷达图像处理模块，主要针对雷达影像进行图像处理、图像校正等操作
	虚拟GIS模块，给用户提供一个在三维虚拟环境中操作空间影像数据的模块
	立体分析模块，提供针对三维要素进行采集、编辑及显示的模块
	自动化影像校正模块，该模块提供工作站及向导驱动的工作流程机制，可实现影像图的自动校正

1.4　数据显示基本功能

1.4.1　视窗功能简介

二维视窗（viewer）是显示栅格图像、矢量图形、注记文件、AOI（感兴趣区域）等数据层的主要窗口，也是 ERDAS IMAGINE 实现人机交互操作的重要途径，启动 ERDAS IMAGINE 后，系统都会自动打开一个二维视窗。当然，用户在操作过程中可以随时打开新的视窗，操作过程如下：

ERDAS 图标面板菜单条：选择 Main | Start IMAGINE Viewer 命令，打开二维视窗（图 1.3）。



图 1.3　ERDAS IMAGINE 9.1 二维视窗界面

ERDAS 图标面板工具条：点击 Viewer 图标，打开二维视窗（图 1.3）。

如图 1.3 所示，二维视窗主要由菜单条（Menu Bar）、工具条（Tool Bar）、显示窗（Window）和状态条（Status Bar）四部分组成。此外，还有滑动条（Scroll Bars）和标题条（Borders）。在处于系统缺省状态时，视窗的各个组成部分都出现的视窗中，用户可以通过视窗快捷菜单重新设置各个组成部分的出现与否。IMGAINE 视窗中集成了大量的图像图形操作功能，所有功能可以通过以下三种途径调用：

（1）通过位于视窗上部的“视窗菜单条”（Viewer Menu Bar）调用；

（2）通过位于视窗菜单下方的“视窗工具条”（Viewer Tool Bar）调用；

（3）通过在视窗显示窗按住鼠标右键出现的“快捷菜单”（Quick View Menu）调用。

1.4.2　File 菜单操作

视窗菜单条中的 File 所对应的下拉菜单包含 8 项命令。其中，前三项命令有相应的二级下拉菜单，菜单中各项命令及其功能如表 1.7 所示。

表 1.7　二维视窗的 file 菜单命令及功能简介

命令	功能
New	产生新文件
AOI Layer	产生 AOI 文件
Vector Layer	产生矢量文件

续表

命令	功能
Annotation Layer	产生注记文件
Viewer	打开一个视窗
Viewer Specified	产生视窗模式
Map Composion	产生地图编辑
Open	打开文件
AOI Layer	打开 AOI 文件
Raster Layer	打开栅格文件
Vector Layer	打开矢量文件
Annotation Layer	打开注记文件
Terrain Layer	打开地形模型文件
View	打开窗口文件
Map Composition	打开地图编辑
Three Layer Arrangement	打开 3 个波段
Multi-Layer Arrangement	打开多个波段
Save	保存文件
Top Layer	保存上层文件
Top Layer As	另存上层文件
AOI Layer As	另存 AOI 文件
All Layer	保存所有文件
View	保存窗口内容
View to . img File	窗口内容转换为 . img 文件
Print	打印文件（窗口）
Clear	清除文件（窗口）
Close	关闭当前窗口（窗口）
Close Other Viewers	关闭其他窗口（窗口）

当明确以上各菜单命令操作功能以后，下面来实现一幅栅格图像显示操作。

第一步：启动程序。

在 Viewer 菜单条单击 File | Open | Raster Layer | Select Layer To Add 命令，打开 Select Layer To Add 对话框。或者在工具条单击 Open Layer 按钮，打开 Select Layer To Add 对话框（图 1.4）。

第二步：确定文件。

如图 1.3 所示，在 Select Layer To Add 对话框中有 File 和 Raster Options 两个选项卡，其中 File 选项卡即用于确定图像文件（表 1.8）。

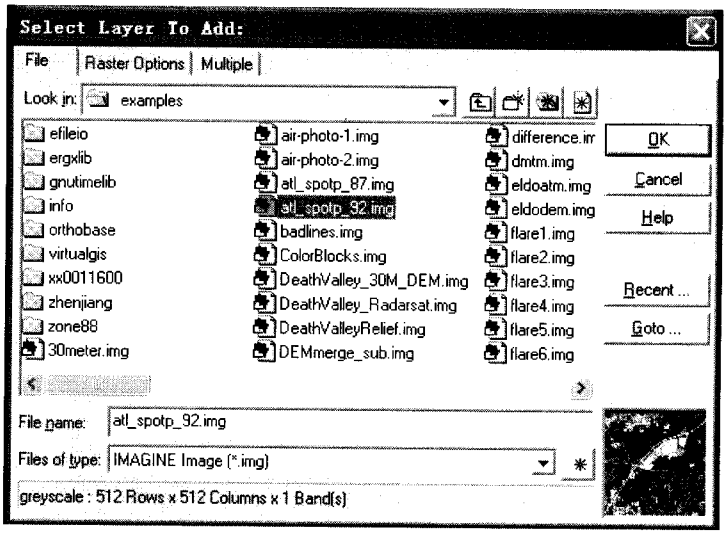


图 1.4　Select Layer To Add 对话框

表 1.8　图像文件确定参数

参数项	含义
Look in	确定文件目录
File name	确定文件名
Files of type	确定文件类型
Recent	选择近期操作过的文件
Goto	改变文件路径

第三步：设置参数。

在 Select Layer To Add 对话框中单击 Raster Options 选项卡，进入设置参数状态，如图 1.5 所示。Raster Options 选项卡用于设置图像文件显示的各项参数，具体参数如表 1.9 所示。

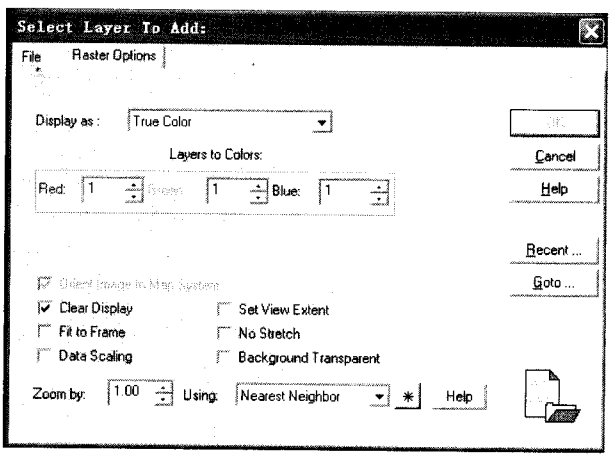


图 1.5　Raster Opions 选项卡

表 1.9　图像文件显示参数

参数项	含义	选项	含义
Display As	图像显示方式	True color	真彩色（多波段图像）
		Pseudo color	假彩色（专题分类图）
		Gray scale	灰色调（单波段）
		Relief	地形图（DEM 数据）
Layers to colors	图像显示颜色	Red	红色波段
		Green	绿色波段
		Blue	蓝色波段
Data Scaling	设置灰度值范围		
Set View Extent	设置显示范围		
No Stretch	无拉伸		
Zoom By	当 Fit to frame 关闭时设置缩放大小		
Background Transparent	背景透明显示		
Clear display	清除视窗中已有信息		
Fit to frame	按照视窗大小显示图像		
Using	重采样方法	Nearest neighbor	邻近像元插值
		Bilinear interpolation	双线性插值
		Cubic convolution	三次卷积插值

第四步：打开图像。

单击 Select Layer To Add 对话框中 OK 按钮，显示该图像。

ERDAS IMAGINE 9.1 还可以处理多种格式的其他数据类型，如 JPG 栅格数据、TIF 栅格数据、SHP 矢量数据等数据格式。用户只要在 Select Layer To Add 对话框的文件类型（Files of Type）框点击左键，所有可以直接处理的数据格式或类型便一目了然。

1.4.3　文件显示顺序

在实际工作中，经常需要在同一个视窗中同时打开多个文件，包括图像文件、图形文件、AOI 文件、注记文件等，可以应用 Arrange Layers 命令调整文件显示顺序。首先依次在视窗中打开一组图像（Iniandc.img、Lanier.img、Indem.img、Inlakes.img），注意打开上层图像时，不要清除视窗中已经打开的图像。

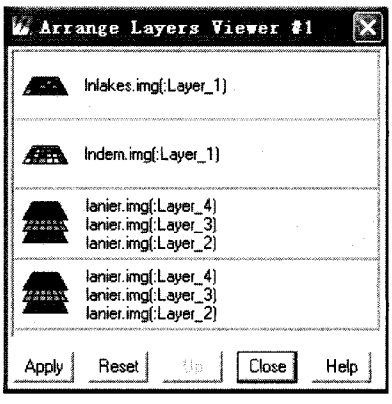


图 1.6　Arrange Layers Viewer 对话框

视窗菜单条：选择 View | Arrange Layers 命

令，打开 Arrange Layers Viewer 对话框（图 1.6）。

在 Arrange Layers Viewer 对话框中点击鼠标左键或拖动文件，以调整文件顺序，然后应用（Apply）显示顺序调整，并关闭（Close）Arrange Layers Viewer 对话框结束文件显示顺序操作。

1.4.4 显示比例操作

用于调整文件显示比例及其与视窗的对比关系，Scale 菜单对应的二级下拉菜单中包括四个命令，依次是：

Image to Window	按照视窗大小调整文件显示比例
Window to Image	按照文件尺寸调整视窗大小
Extent	显示文件整体范围
Scale Tool	通过比例工具定义显示比例

该组操作有利于在实际操作中把握局部影像与整体数据影像的关系，使局部操作在精确的前提下不至于失去与整体的比例。

1.4.5 显示变换操作

显示变换操作实质上是对显示的图像进行仿射变换，不过只是为了显示而已，并不是对文件数据进行操作。变换操作可以同时进行缩放、平移、拉伸、旋转、镜面等线性变换。

视窗菜单条：选择 View | Rotate | Flip | Stretch 命令，打开 Viewer-Linear Adjustment 对话框（图 1.7）。

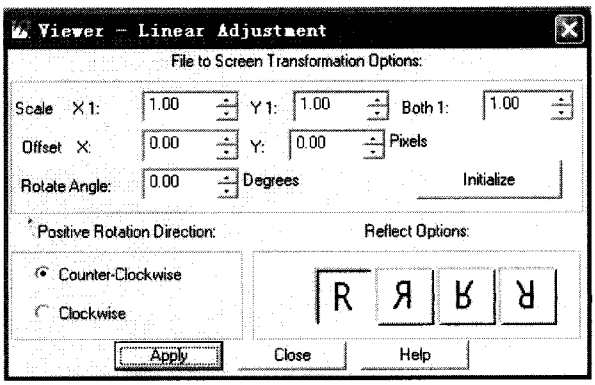


图 1.7 Linear Adjustment 对话框

从 Viewer-Linear Adjustment 对话框中可以看出，执行变换操作的参数包括缩放比例（Scale）、平移参数（Offset）、旋转角度（Rotate Angle）、旋转方向（Positive Rotation Direction）、镜面操作（Reflect Options）等，而且水平方向（X1）和垂直方向（Y1）的缩放比例可以不同。如果不同，需分别在 Scale X1 和 Scale Y1 栏给定比例

因子；如果相同，则只在 Both 1 栏给定比例因子即可。

1.4.6 叠加显示操作

IMAGINE 系统提供的数据叠加显示工具有三个，分别是混合显示工具（Blend Tool），卷帘显示工具（Swipe Tool）和闪烁显示工具（Flicker Tool），都集成在实用菜单中。

1.4.6.1 混合显示工具（Blend Tool）

本操作通过控制上层图像显示的透明度大小，使上下两层图像混合显示。

视窗菜单条：选择 Utility | Blend 命令，打开 Viewer Blend/Fade 对话框（图 1.8）。在 Viewer Blend /Fade 对话框中，可以通过设置 Blend/Fade Percentage（0～100）达到混合显示效果，也可以通过定义 Speed 和选择 Auto Mode 自动显示文件混合效果。

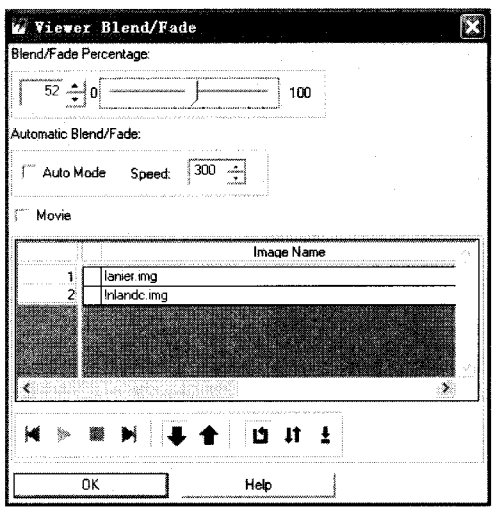


图 1.8 Blend Tool 对话框

需要说明的是本操作适用于以下几种文件：

- 真彩色（True Color），假彩色（Pseudo Color）以及灰度（Gray Scale）图像文件；
- Arc/Info 的 Coverage 矢量图形文件；
- IMAGINE 注记文件（Annotation）和符号文件（Symbology）；
- ERDAS IMAGINE 所支持的所有其他栅格图像文件。

1.4.6.2 卷帘显示工具（Swipe Tool）

卷帘显示工具利用两层数据间的过渡线，将窗口中的上层数据分为透明和不透明两部分，通过移动过渡线就可同时显示上下两层数据，用于检查其对应关系。通过选择 Utility | Swipe Tool 命令，打开 Viewer Swipe 对话框，如图 1.9 所示。其中，卷帘的移动方式有垂直和水平两种，还可通过自动播放实现卷帘移动。

本操作适用于以下几种文件：包括 Arc/Info 的 Coverage 矢量图形文件、真假彩色及灰度图像文件、IMAGINE 注记文件和符号文件、ERDAS IMAGINE 所支持的所有栅格图像文件。

1.4.6.3 闪烁显示工具（Flicker Tool）

该工具通过对上下两幅图像的交替闪烁显示实现图像的空间关系及本身属性的对比。通过选择 Utility | Flicker 命令，打开 Viewer Flicker 对话框，如图 1.10 所示。

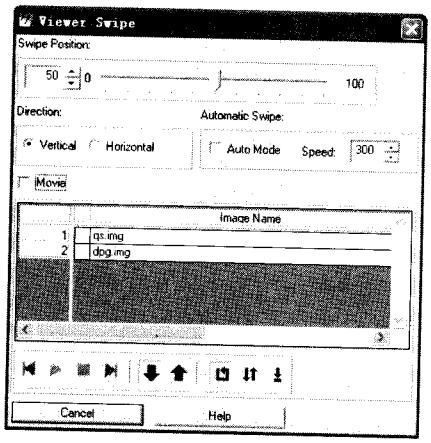


图 1.9　Viewer Swipe 对话框

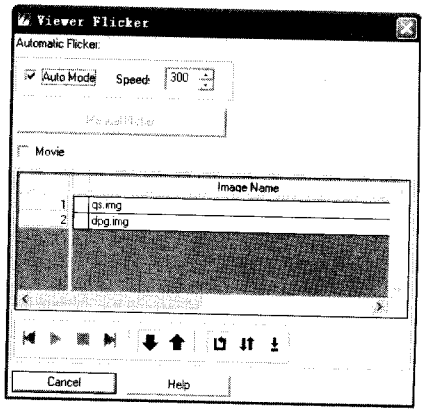


图 1.10　Viewer Flicker 对话框

该工具提供自动和动画播放两种方式。在动画播放模式中，可以实现手动控制。在实际应用中，可根据具体需要进行切换选择。

1.5　数据信息查询

1.5.1　光标查询功能

视窗菜单条：选择 Utility | Inquire Cursor 命令，打开 Inquire Cursor 对话框（图 1.11）。

视窗工具条：左键点击“光标查询”图标打开 Inquire Cursor 对话框（图 1.11）。

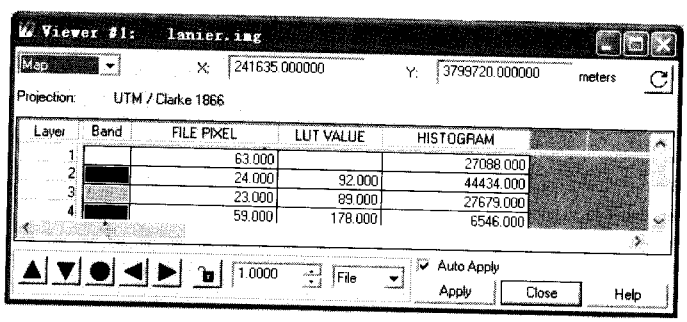


图 1.11　Inquire Cursor 对话框

在打开 Inquire Cursor 对话框的同时，视窗中出现“十字”查询光标，对话框与十字光标是同步关联的，在视窗中任意移动十字光标，对话框中的信息动态更新。从图 1.11可以看出，对话框中显示出了十字光标当前所在位置像元的纵横坐标——地图坐标（Map）或文件坐标（File）或地理坐标（Lat/Lon）或图纸坐标（Paper）、三个波段的颜色、三个波段的灰度值、LUT 表值、像元大小直方图等信息。利用对话框左下方的上、下、左、右四个移动功能键，也可以移动十字光标的位置，每点击一次，光

标移动一个像素单元。随着十字光标位置的移动，对话框中的像元信息实时发生变化。

1.5.2 量测功能

视窗菜单条：选择 Utility | Measure 命令，打开 Measurement Tool 视窗（图 1.12）。

视窗工具条：鼠标左键点击图标，打开 Measurement Tool 视窗（图 1.12）。

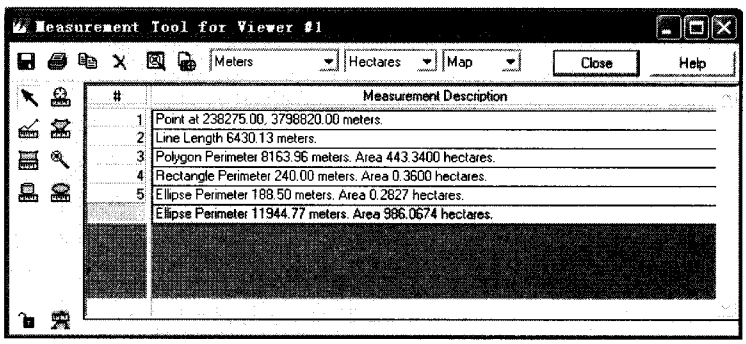


图 1.12 Measurement Tool 视窗

如图 1.12 所示，Measurement Tool 视窗与二维视窗类似，分别由量测菜单条、量测工具条、量测结果显示窗和命令状态条四个部分组成，其中，量测工具条中的命令及其功能如表 1.10 所示。

表 1.10 Measurement Tool 命令及功能

命令	功能
Copy	复制选定量测结果
Clear Last Measure	清除最后量测结果
Set Units	设置量测单位
Tablet	设置数字化仪
Set Map Type	设置地图单位

在 Measurement Tool 视窗中：

点击图标，在视窗中点击左键确定任意一点，量测其位置；

点击图标，在视窗中连续点击左键确定一条折线，量测其长度；

点击图标，在视窗中连续点击左键确定一多边形，量测周长与面积；

点击图标，在视窗中按左键拖动确定一矩形，量测周长与面积；

点击图标，在视窗中按左键拖动确定一椭圆，量测其周长与面积。

量测结果分别以 1，2，3，4，5 的顺序编号显示在 Measurement Tool 视窗（图 1.10）。

1.5.3 图像信息显示

本操作主要应用于查阅或修改图像文件的有关信息，如投影信息、统计信息、显示信息等。

具体操作如下：视窗菜单条 Utility | Layer Info 打开 Image Info 对话框（图 1.13）。

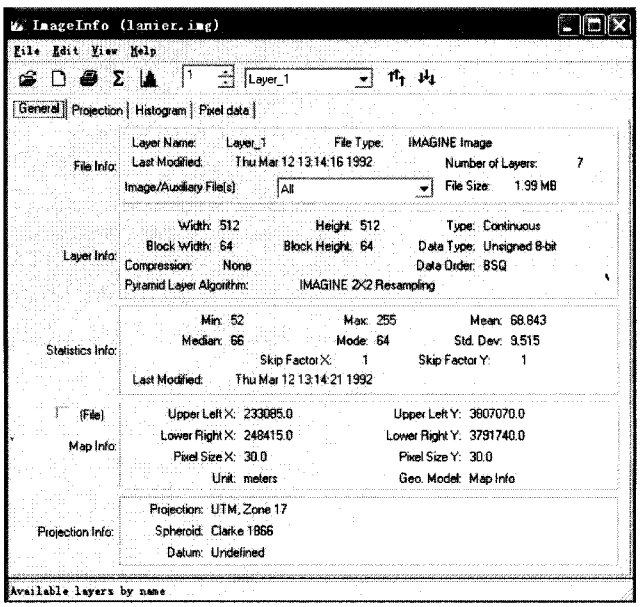


图 1.13　Image Info 对话框

或视窗工具条：左键点击 图标打开 Image Info 对话框（图 1.13）。

如图 1.13 所示，Image Info 菜单条主要包括了四项操作命令，对话框由菜单条、工具条、信息栏、状态条四部分组成，其中各操作命令及其功能如表 1.11 所示。

表 1.11　Image Info 菜单条各操作命令及其功能表

命令	功能
File	文件操作
Open	打开文件信息对话框
New	产生文件信息对话框
Print Options	设置图像信息打印
Print	打印输出图像信息
Close	关闭当前文件信息对话框
Close All	关闭所有文件信息对话框
Edit	编辑操作
Change Layer Name	改变数据层名称
Change Layer Type	改变数据层类型
Delete Current Layer	删除当前数据层

续表

命令	功能
Compute Statistics	计算文件统计值
Compute Pyramid Layers	计算金字塔数据层
Delete Pyramid Layers	删除金字塔数据层
Change Map Mode	改变地图模型
Delete Map Model	删除地图模型
Add/Change Projection	加载/改变地图投影
Delete Projection	删除地图投影
Raster attribute Editor	栅格属性编辑
View	显示操作
histograme	显示图像直方图
Pixels	显示像元灰度值
Help	联机帮助
Help for Image Info	用于 Image Info 的联机帮助

Image Info 对话框信息栏中包含四个方面的图像信息，其内容及意义见表 1.12。

表 1.12 Image Info 对话框信息含义

内容	含义
General	一般信息
File Info	文件信息（文件名、波段数等）
Layer Info	数据层信息（图像大小、数据类型等）
Statistics Info	统计信息（最小值、最大值、方差等）*
Map Info	地图信息（分辨率、坐标、单位等）
Projection Info	投影信息（投影类型、参考椭球体等）
Projection	投影信息**
Projection Type	投影类型
Spheroid Name	椭球体名称
Datam name	基准面名称
UTM zone	UTM 带号
North or South	北半球或南半球
Histogram	图像直方图
Pixel data	像元灰度值

* 统计信息中的 Skip Factor 对于图像的显示效果是有影响的，特别是雷达图像。可以通过下列途径重新定义 Skip Factor 的取值：在 Image Info 对话框中，选择 Edit | Compute Statistics，打开 Statistics Generation Options 对话框，选择 Skip Factor X | Skip Factor Y | OK；

** 表中所列只是 UTM 投影信息，不同投影类型有不同的投影参数

1.6 常用遥感影像数据格式简介及输入方式

ERDAS IMAGINE 9.1 具有强大的输入输出功能。几乎所有常见的数据格式都可被其接受，在 IMAGINE Essentials 级中就包含了输入输出模块。该模块是进行数据转换的工

具。它支持 100 多种图像以及矢量数据格式的输入和输出及双向转换，支持多种格式图像文件的直接调入。下面就几种常用的遥感影像数据的输入输出及数据格式做简单介绍。

1.6.1 Landsat-5 图像数据简介

Landsat-5 EISAT FAST FORMAT-B 格式，简称 FASTB，该数据为 Landsat-5 图像数据格式，它包括两类文件：头文件和图像文件，后缀均为 .dat。头文件是数据的说明文件，共 1536 字节，全部为 ASCII 码字符，包括该数据的产品标识、轨道号、获取时间、增益偏置、投影信息、图像四角点和中心地理坐标等信息。图像文件只含有图像数据，不包括任何辅助数据信息。

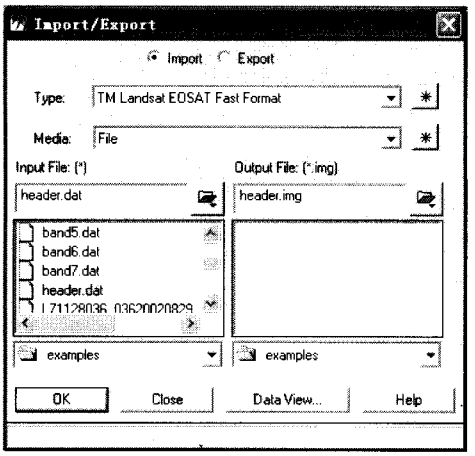


图 1.14　输入输出对话框

用户可按下列步骤将 L5 FASTB 数据导入 ERDAS：

在 ERDAS 图标面板菜单条上单击 Import 图标，弹出输入输出对话框（图 1.14）。

选择输入数据操作：Import，选择输入数据类型（Type）为：TM Landsat EOSAT Fast Format，在“Media”下拉列表中选择“File”，在 Input File 下，找到数据存放路径，并选择“Header.dat”；在“Output File”下，键入对应的文件名，点击 OK，弹出 Landsat TM Fast Format 对话框。该对话框显示配置信息如图 1.15 所示。

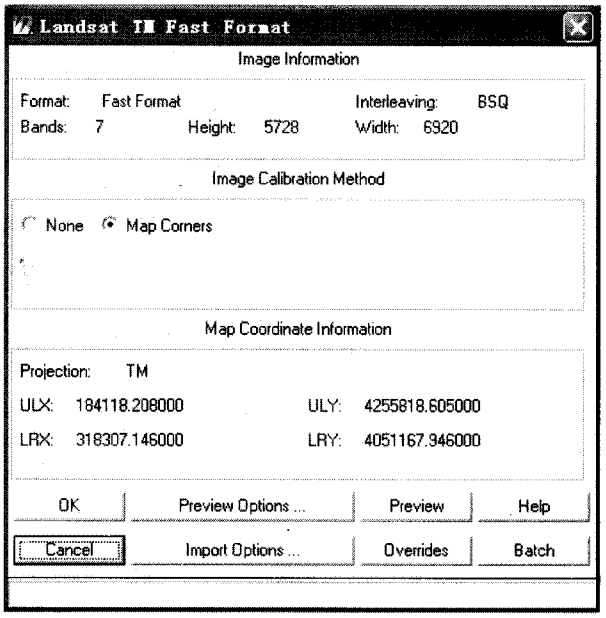


图 1.15　Landsat TM 图像参数设置对话框

用户可以通过 Preview Options 选择波段显示的组合方式，Import Option 选择要导入 ERDAS 的波段，如图 1.16 和图 1.17 所示。

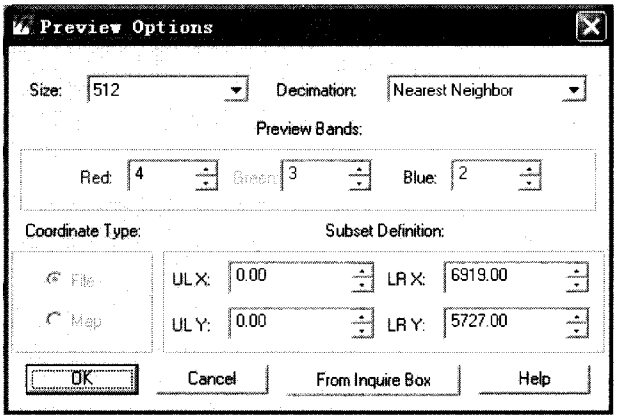


图 1.16　Preview Options 对话框

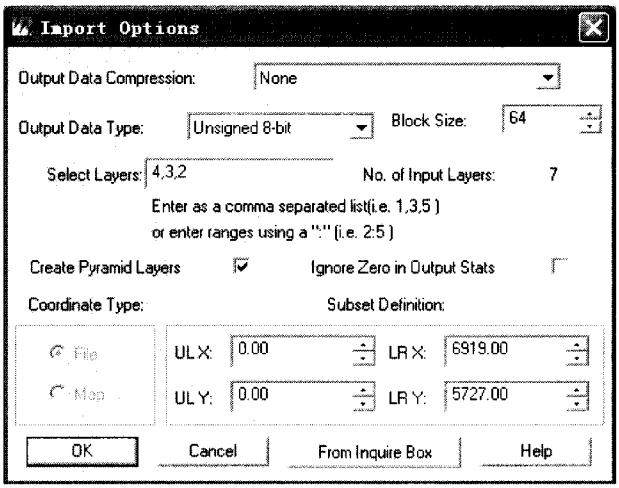


图 1.17　Import Options 对话框

点击 OK，进行数据导入处理。

Landsat 7 卫星于 1999 年发射，装备有 Enhanced Thematic Mapper Plus（ETM+）设备，有 8 个波段的感应器，覆盖了从红外到可见光的不同波长范围。其中 0.52～0.90μm 的全色波段是黑白图像，分辨率为 15m，用于增强分辨率。ETM+比起在 Landsat 5 上面装备的 Thematic Mapper（TM）设备在红外波段的分辨率更高，因此有更高的准确性。

Landsat 7 卫星所获得的数据按照产品处理级别分为如下 4 类：

（1）原始数据产品（Level 0）。

原始数据产品是卫星下行数据经过格式化同步、按景分幅、格式重整等处理后得到的产品，产品格式为 HDF 格式，其中包含用于辐射校正和几何校正处理所需的所有参

数文件。原始数据产品可以在各个地面站之间进行交换并处理。

（2）系统几何校正产品（Level 2）。

系统几何校正产品是指经过辐射校正和系统级几何校正处理的产品，其地理定位精度误差为250m，一般可以达到150m以内。如果用确定的星历数据代替卫星下行数据中的星历数据来进行几何校正处理，其地理定位精度将大大提高。几何校正产品的格式可以是FAST-L7A格式、HDF格式或GeoTIFF格式。

（3）几何精校正产品（Level 3）。

几何精校正产品是采用地面控制点对几何校正模型进行修正，从而大大提高产品的几何精度，其地理定位精度可达一个像元以内，即30m。产品格式可以是FAST-L7A格式、HDF格式或GeoTIFF格式。

（4）高程校正产品（Level 4）。

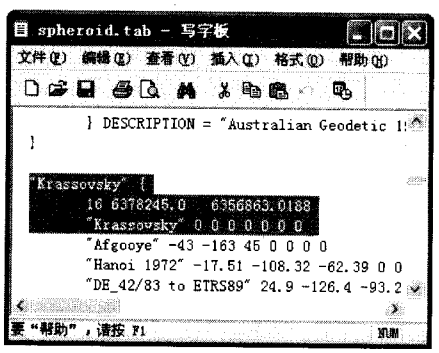


图1.18 spheroid. tab修改结果

数据导入操作完毕后，为不影响以后分析，需要将系统文件spheroid. tab改回原有设置

高程校正产品是采用地面控制点和数字高程模型对几何校正模型进行修正，进一步消除高程的影响。产品格式可以是FAST-L7A格式、HDF格式或GeoTIFF格式。要生成高程校正产品，要求用户提供数字高程模型数据。

HDF格式和GeoTIFF格式的导入操作分别在1.6.3节和1.6.4节中介绍，现就FAST-L7A格式做如下介绍。FAST-L7A格式包含有三部分文件，后缀名为HPN. fst、HPF. fst、HTM. fst，分别代表全色波段、可见光波段和热红外波段数据。

由于ERDAS软件系统定义的“Krasovsky”与Landsat 7卫星地面站数据中椭球体定义的“Krassovsky”有一个“s”之差，故而将FAST-L7A格式数据导入ERDAS软件之前须对系统文件作如下修改操作：首先，安装盘按照如下路径找到文件：Program Files \ Leica Geosystems \ Geospatial Imaging 9.1 \ etc \ spheroid. tab，用写字板打开。然后找到其中对椭球体的描述字段：“Krasovsky”，将其添加一个“s”，结果如图1.18所示，保存结果后退出。修改完毕后即可通过ERDAS的输入 \ 输出模块分别将全色波段、可见光波段和热红外波段数据导入即可，只需注意，选择文件类型时要选择TM Landsat-7 Fast-L7A EROS类型。

1.6.2 SPOT-5图像数据简介

1986年以来，法国的SPOT卫星提供了米级分辨率的遥感影像及相关处理产品。依据预处理级别，分为5个等级，其中最高等级为正射级，它经过了完全的地理校正，经数字高程模型处理，消除了因地形起伏而导致的投影误差。目前，SPOT系列一共发射了5颗卫星，1～4号卫星采用通过倾斜观测方式获取立体像对，5号卫星采用前后视方式获取立体像对。

SPOT-5号星所有的处理级别都使用DIMAP格式。该格式是GIS-GeoSpot格式的

新名字，它描述从光栅影像地图层到其他矢量、DEM 层等多种数据文件格式，它由瑞典空间公司和 SPOT Image 公司联合设计，主要是为了方便交换基于卫星图像的地理信息。其中，它的光栅图像层实际是 GeoTIFF 格式或编码的 BIL 格式，能为大多数的遥感影像处理软件和地理信息系统软件所兼容。

SPOT-5 的 DIMAP 格式数据后缀为 .dim，可通过 ERDAS 的 import 模块输入，在选择数据类型栏里选择 SPOT DIMAP (directly read)。具体操作过程见图 1.19。

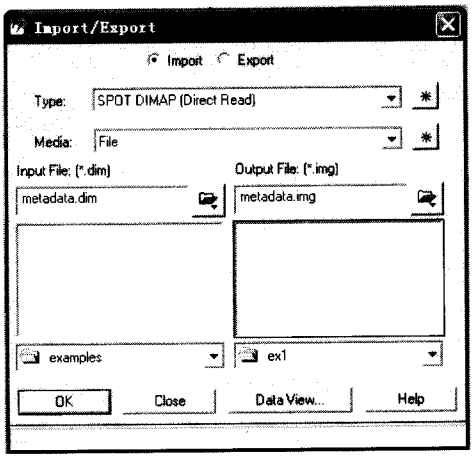


图 1.19　导入 DIMAP 格式数据时的 Import/Export 对话框

1.6.3　MODIS 图像数据简介

MODIS 是中分辨率成像光谱仪的缩写，它是 EOS 系列卫星上最主要的探测仪器，其空间分辨率最大可达 250m。它有 36 个离散光谱波段，光谱覆盖较宽，从 0.4μm 到 14.4μm 全光谱覆盖，同时，EOS 卫星还有着较高的时间分辨率。MODIS 是 CZCS、AVHRR、HIRS 和 TM 等仪器的继续。

MODIS 的多波段数据可以同时提供反映陆地表面状况、云边界、云特性、海洋水色、浮游植物、生物地理、化学、大气中水汽、气溶胶、地表温度、云顶温度、大气温度、臭氧和云顶高度等特征的信息及其动态变化。

MODIS 的影像数据目前采用两种格式，HDF（Hierarchical data format）和 HDF-EOS。HDF 为分等级的数据格式（层次结构，树结构），HDF-EOS 结构是对地观测系统（EOS）对 HDF 的扩展。HDF-EOS 已经被美国对地观测系统的数据与信息系统（EOSDIS）选定为数据标准，许多由美国政府合同支持的产品和免费软件等都以此为基础。

ERDAS 软件支持 MODIS 的 HDF 格式数据的输入。操作过程大致同上，只是在输入类型中要选择 HDF Scientific（Direct Read）格式类型。由于 HDF 包含 36 个波段的数据信息，因此数据量较大，在读入过程中耗时较多。

1.6.4　IKONOS 图像数据简介

IKONOS 是美国空间成像公司于 1999 年 9 月 24 日发射升空的世界第一颗高分辨率商用卫星，它不仅能够提供高清晰度，分辨率达 1m 的卫星影像，而且开拓了一个新的更快捷、更经济获得最新地球影像信息的途径。可以部分代替航空遥感，广泛用于城市、港口、土地、森林、环境、灾害调查和军事目标动态监测；用于国家级、省级、市县级数据库的建设、更新，在国民经济建设中有着广泛的应用前景。

IKONOS 卫星重约 817kg（1600 磅），每 98min 绕地球一圈，卫星离地面平均高度

681km。卫星处于太阳同步轨道上，因此可在每日的同一时间（10：30am）经过指定的经度范围，卫星回访周期 140 天。IKONOS 卫星具有 5 个波段，包括一个具有 1m 分辨率的全色波段和 4m 分辨率的多光谱波段，光谱范围从 0.45～0.90μm。由于卫星传感器有一定偏转角度，因此，某地区影像，最快可以在当天就采集完成（此情况下，无法保证 1m 的分辨率）。

IKONOS 图像数据一般采用 GeoTIFF 格式。GeoTIFF 作为 TIFF 的一种扩展，在 TIFF 的基础上定义了一些 GeoTag（地理标签），来对各种坐标系统、椭球基准、投影信息等进行描述和存储，使图像数据和地理数据存储在同一图像文件中，这样就为广大用户制作和使用带有地理信息的图像提供了方便的途径。使用 ERDAS 输入输出模块导入 GeoTIFF 格式数据操作与以上数据导入方式大致相同，只是在输入数据类型下拉菜单内直接选择 GeoTIFF 即可。

第二章　数据预处理

遥感数据具有多平台、多传感器、多实相、分幅等特点，因此在数字图像处理中，原始观测数据往往并不能够满足研究要求，例如，影像存在畸变，影像跨越不同图幅。为了更充分地利用好原始观测遥感数据，获取更多有益的信息，需要对图像做预处理。本章介绍 ERDAS 图像校正、拼接、投影变换、分幅裁剪、融合等预处理操作，经过这些预处理工作，针对遥感影像的变换、增强、分类等工作将会变得更加得心应手。

2.1　图像校正

图像校正主要指辐射校正和几何校正。辐射校正包括传感器的辐射校正、大气校正、照度校正以及条纹和斑点的判定和消除。几何校正就是校正成像过程中造成的各种几何畸变，包括几何粗校正和几何精校正。几何粗校正是针对引起畸变的原因而进行的校正，我们得到的卫星遥感数据一般都是经过几何粗校正处理的。几何精校正是利用地面控制点进行的几何校正，它是用一种数学模型来近似描述遥感图像的几何畸变过程，并利用标准图像与畸变的遥感图像之间的一些对应点（地面控制点数据对）求得这个几何畸变模型，然后利用此模型进行几何畸变的校正，这种校正不考虑畸变的具体形成原因，而只考虑如何利用畸变模型来校正遥感图像。

2.1.1　图像几何校正的一般步骤

图像几何校正的目的就是改变原始影像的几何变形，生成一幅符合某种地图投影或者图形表达要求的新图像。不论是航空还是航天影像，几何纠正的一般步骤如图 2.1 所示。

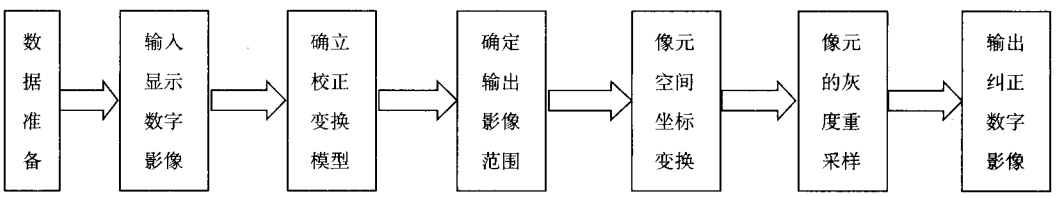


图 2.1　遥感数字影像纠正的一般步骤

2.1.1.1　数据准备

包括资源卫星影像数据、航空影像数据、大地测量成果、航天器轨道参数和传感器姿态参数的收集和分析，所需控制点的选择和量测等。

2.1.1.2 输入显示数字影像

按规定的格式将遥感数字影像用专门的程序读入计算机。例如，ERDAS 中读入的一种数据格式为 *.img。

2.1.1.3 确立校正变换模型

校正变换模型是用来建立输入与输出影像间的坐标变换关系。校正方法按照采用的数学模型而不同，一般有多项式法、共线方程法、随机场内的插值法等。由于多项式法原理比较直观，使用上较为灵活且可以用于各种类型的图像，因而遥感图像几何校正的空间变换一般采用多项式法。校正变换函数中有关的系数，可以利用地面控制点（GCP）解算。这些参数也可以利用卫星轨道参数、传感器姿态参数、航空影像的内外方位元素等。

2.1.1.4 确定输出影像范围

输出影像范围定义恰当，纠正后的影像就全部包括在定义的范围内，且能够使空白影像面积尽可能少。否则会造成纠正后的影像未被该范围全部包括，输出影像空白过多。

2.1.1.5 像元空间坐标变换

像元空间坐标变换是按选定的校正函数把原始的数字影像逐个像元地变换到输出影像相应的坐标上去，变换方法分为直接纠正和间接纠正（正解法和反解法）。两种方法的像元灰度赋值略有差别（图 2.2），直接纠正法中，纠正后像元获取办法称为灰度重匹配，它按行列的顺序依次求出原始图像的每个像元点（x，y）在标准图像空间中的正确位置（u，v），并把原始畸变图像的像元亮度值移到这个正确的位置上。而间接法称为灰度重采样，它按行列的顺序依次对标准图像空间中的每个待输出像元点（u，v）反求其在原始畸变图像空间中的共轭位置（x，y），同时利用内插方法确定这一共轭位置的亮度值，并把此位置的像元亮度值填入校正图像的空间位置（u，v）。这一方法能够保证图像空间中的像元呈均匀分布，因而是最常用的几何精校正的方法。

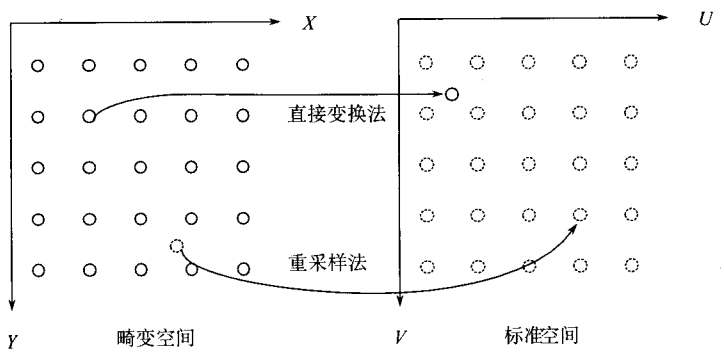


图 2.2 几何精校正中的空间转换示意图

2.1.1.6 像元的灰度重采样

重采样（resample）过程就是依据未校正图像像元值生成一幅校正图像的过程，原图像中所有栅格数据层将进行重采样。常用的重采样方法有最邻近插值法、双线性内插方法和三次卷积内插方法，其中，最邻近法最简单，计算速度快。三次卷积法采样中的误差约为双线性内插的1/3，产生的图像比较平滑，但计算工作量大，费时。ERDAS IMAGINE提供四种重采样方法。

（1）Nearest Neighbor：邻近点插值法，将最近像元值直接赋给输出像元。最邻近重采样算法简单，最大的优点是保持像元值不变。但是，纠正后的图像可能具有不连续性，会影响制图效果。当相邻像元的灰度值差异较大时，可能会产生较大的误差。

（2）Bilinear Interpolation：双线性插值法，用双线性方程和2×2窗口计算输出像元值。该方法简单且具有一定的精度，一般能得到满意的插值效果。缺点是该方法具有低通滤波的效果，会损失图像中的一些边缘或线性信息，导致图像模糊。

（3）Cubic Convolution：三次卷积插值法，用三次方程和4×4窗口计算输出像元值。该方法产生的图像比较平滑，它的缺点是计算量大。

（4）Bicubic Spline Interpolation：双三次样条插值法，以三次样条为卷积核，通过当前数据点集拟合三次样条表面。

2.1.1.7 输出纠正数字影像

经过逐个像元的几何位置变换和灰度重采样得到的输出影像数据需要的格式写入纠正后的影像文件。

2.1.2 图像几何校正的计算模型

ERDAS IMAGINE 9.1提供的几何校正计算模型有16种，具体功能如表2.1所示。

表2.1 几何校正计算模型与功能

模型	功能
Affine	图像仿射变换（不做投影变换）
Camera	航空影像正射校正（利用内外方位元素校正）
Direct Linear Transform（DLT）	直接线性变换
DPPDB	目标定位数据库
IKONOS	IKONOS卫星图像正射校正
NITF RPC	NITF有理函数模型
Quick Bird RPC	Quick Bird有理函数模型
ORBIMAGE RPC	ORBIMAGE有理函数模型
CARTOSAT RPC	CARTOSAT有理函数模型
IRS	印度IRS系列卫星模型

续表

模型	功能
Landsat	Landsat 卫星影像正射校正
Polynomial	多项式变换（同时做投影变换）
Projective Transform	射影变换
Reproject	投影转换
Rubber Sheeting	非线性，非均匀变换
SPOT	SPOT 卫星图像正射校正

其中，多项式模型（Polynomial）属于一种近似校正方法，在卫星图像校正过程中应用较多。校正时先根据多项式的阶数，在影像中选取足够数量的控制点，建立影像坐标与地面坐标的关系式，再将整张影像进行转换。在调用多项式模型时，需要确定多项式的次方数（Order），一般多用低阶多项式（三次以下），以避免高阶方程数值不稳定的状况。此外各阶多项式所需控制点的数量，除满足要求的最少控制点数外，一般还需额外选取一定数量的控制点，以使用最小二乘平差求出较为合理的多项式系数。最少控制点数计算公式为（$t+1$）×（$t+2$）/2，其中 t 为次方数，即 1 次方方程最少需要 3 个控制点，2 次方最少需要 6 个控制点，3 次方需要 10 个控制点，依次类推。

此校正方式会受到影像面积及高程变化程度的影像，如果影像范围不大且高程起伏不明显，校正后的精度一般会满足需求，反之则精度会明显降低。因此多项式模型一般适用于平地或精度要求相对较低的校正处理。

2.1.3 多项式校正

不同的数据源，几何校正的方法也不尽相同，下面将以 Landsat TM 的校正为例加以说明。数据源采用具有地理参考信息的 SPOT 全色影像作为标准图像，选取一定数量的地面控制点，采用多项式拟合方法对卫星图像进行校正，详细流程如图 2.3 所示。

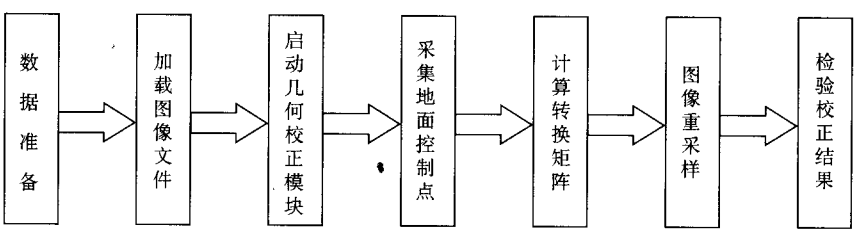


图 2.3 卫星影像校正的一般过程

2.1.3.1 加载图像文件

（1）在 ERDAS 图标面板菜单条选择 Main | Start Image Viewer 命令，打开

Viewer 窗口 Viewer #1。

或者在 ERDAS 图标面板工具条选择 Viewer 图标，打开 Viewer 窗口 Viewer #1。

（2）同步骤（1）打开一个新的 Viewer 窗口 Viewer #2。

（3）在 Viewer #1 菜单条选择 File | Open | Raster Layer 命令，打开 Select Layer to Add 窗口，选择需要校正的 Landsat TM 图像 C：\ Program Files \ Leica Geosystems \ Geospatial Imaging 9.1 \ examples \ tmAtlanta.img。选择 Raster Options 标签，选择 Display as 下拉条，选择 Gray Scale，在 Layer 中输入 2；选中 Fit to Frame 复选框，以使添加的图像全幅显示。单击 OK，加载需要校正的图像 tmAtlanta.img。

注意：tmAtlanta.img 的默认显示为 4，3，2 波段的真彩色。由于标准图像选择的是 SPOT 全色影像（灰度影像），为了更方便的选取相对应的 GCP，这里对 image 图像选择 Gray Scale，以灰度显示。

（4）在 Viewer #2 菜单条选择 File | Open | Raster Layer 命令，打开 Select Layer to Add 对话框，选择 SPOT 图像 C：\ Program Files \ Leica Geosystems \ Geospatial Imaging 9.1 \ examples \ panAtlanta.img，单击 OK，加载该参考图像。

2.1.3.2 启动几何校正模块

（1）在 Viewer #1 菜单条选择 Raster | Geometric Correction 命令，打开选择几何校正模型（Set Geometric Model）对话框（图 2.4）。

（2）选择多项式变换模型，单击 OK，同时打开几何校正工具对话框（图 2.5）和几何校正模型属性（Polynomial Model Properties）对话框（图 2.6）。

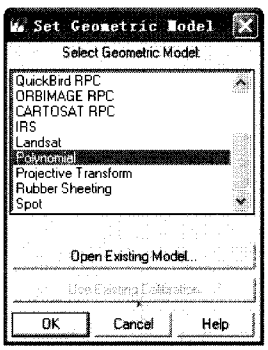


图 2.4 Set Geometric Model 对话框

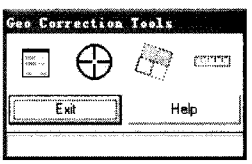


图 2.5 Geo Correction Tools 对话框

（3）在 Polynomial Model Properties 中定义多项式次方（Polynomial Order）为 2，因为 2 阶多项式即保证模型的精度，也不需要过多的运算时间，单击 Apply 按钮应用设置。单击 Close 按钮关闭当前对话框，打开 GCP Tool Reference Setup 对话框（图 2.7）。

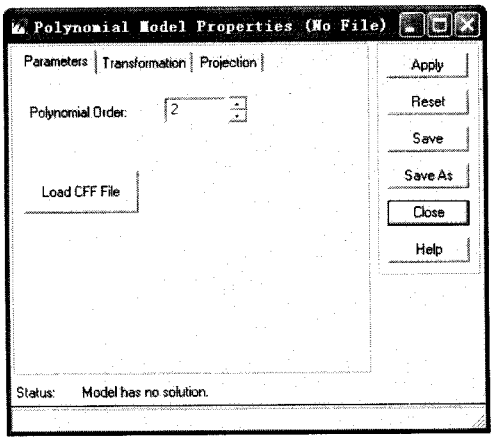


图 2.6　Polynomial Model Properties 对话框

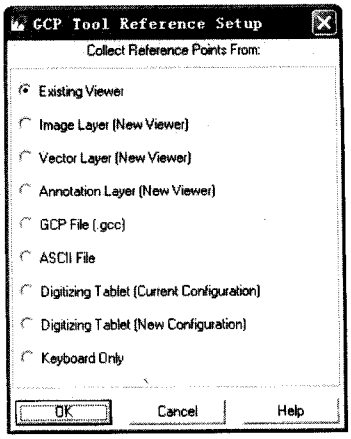


图 2.7　GCP Tool Reference Setup 对话框

注意：ERDAS 系统提供 9 种控制点采集模式（图 2.7），可以分为窗口采点、文件采点、地图采点三类，具体类型及其含义如表 2.2 所示。本例中采用窗口采点模式，作为地理参考的 SPOT 图像已经含有投影信息，所以这里不需要定义投影参数。如果不是采用窗口采点模式，或者在参考图像没有包含投影信息，则必须在这里定义投影信息，包括投影类型及其对应的投影参数，并确保投影方式与采集控制点的投影方式保持一致。

表 2.2　几何校正采点模式及含义

模式	含义
Viewer to Viewer	窗口采点模式
Existing Viewer	在已经打开的视图窗口中采点
Image Layer（New Layer）	在新打开的图像窗口中采点
Vector Layer（New Layer）	在新打开的矢量窗口中采点
Annotation（New Layer）	在新打开的注记窗口中采点
File to Viewer	文件采点模式
GCP File（*.gcc）	在控制点文件中读取点
ASCII File	在 ASCII 码文件中读取点
Map to Viewer	地图采点模式
Digitizing Tablet（Current）	在当前数字化仪上采点
Digitizing Tablet（New）	在新配置数字化仪上采点
Keyboard Only	通过键盘输入控制点

表 2.2 所列的 3 类几何校正采点模式，分别应用于不同的情况：

① 如果已经拥有校正图像区域的数字地图、或者经过校正的图像、或者注记图层，就可以应用窗口采点模式，直接以它们作为地理参考，在另一个窗口中打开相应的数据层，从中采集控制点。本例中采用的就是这种模式。

② 如果事先已经通过 GPS 测量、或者摄影测量、或者其他途径获得控制点的坐标数据并且储存格式为 ERDAS 控制点数据格式 *.gcc 或者 ASCII 数据文件的话，就可以调用文件采点模式，直接在数据文件中读取控制点。

③ 如果只有印刷地图或者坐标纸作为参考，则采用地图采点模式，在地图上选点后，借助数字化仪采集控制点坐标；或者先在地图上选点并量算坐标，然后通过键盘输入坐标数据。

2.1.3.3 启动控制点工具

(1) 在 GCP Tool Reference Setup 窗口选择采点模式，即选择 Existing Viewer 按钮。单击 OK 按钮关闭该窗口，打开 Viewer Selection Instructions 指示器（图 2.8）。

(2) 鼠标点击显示作为地理参考图像 panAtlanta.img 的 Viewer #2 窗口，打开 Reference Map Information 对话框（图 2.9），显示参考图像的投影信息。

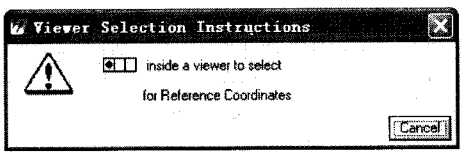


图 2.8 Viewer Selection Instructions 指示器

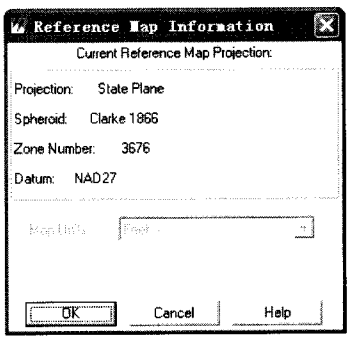


图 2.9 Reference Map Information 对话框

(3) 单击 OK 按钮，整个屏幕将自动切换到如图 2.10 所示的状态，其中包括两个主窗口、两个放大窗口、两个关联方框（分别位于两个窗口中，指示放大窗口与主窗口的关系）、控制点工具对话框和几何校正工具等。控制点工具被启动，进入控制点采集状态。

2.1.3.4 采集地面控制点

几何校正过程中，控制点采集是一个非常精细的过程，需要格外的细致，精确找取地物的特征点线才能够较好的选取用于匹配校正图像和标准图像的控制点。

控制点工具（GCP Tool）对话框由菜单条、工具条、控制点数据表（GCP CellArray）及状态条四个部分组成。菜单条主要命令及其功能如表 2.3 所示，工具条中的图标及其功能如表 2.4 所示。

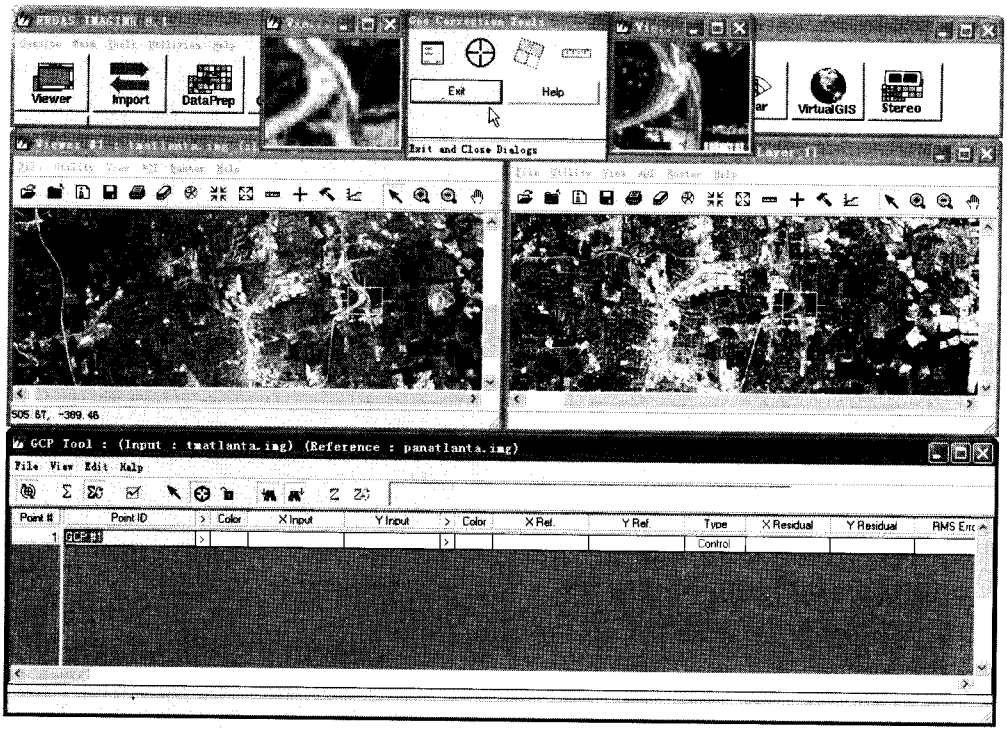


图 2.10　Reference Map Information 组合对话框

表 2.3　GCP 菜单条主要命令及其功能

命令	功能
View	显示操作
View only Selected GCP's	窗口仅显示所选择的控制点
Show Select GCP in Table	在表格显示所选择的控制点
Arrange Frames on Screen	重新排列屏幕中的组成要素
Tools	调出控制点工具图标面板
Start Chip Viewer	重新打开放大窗口
Edit	编辑操作
Set Point Type（Control/Check）	设置采集点的类型（控制点/检查点）
Reset Reference Source	重置参考控制点源文件
Reference Map Projection	改变参考文件的投影参数
Point Prediction	按照转换方程计算下一个点位置
Point Matching	借助像元的灰度值匹配控制点

表 2.4　GCP 工具条按钮及其功能

按钮	命令	功能
	Toggle Fully Automatic GCP Editing Mode	自动GCP编辑模式开关键
	Solve Geometric Model with Control Points	依据控制点求解几何校正模型
	Set Automatic Transformation Calculation	设置自动转换计算开关
	Compute Error for Check Points	计算检查点的误差，更新RMS误差
	Select GCP	激活GCP选择工具、在窗口中选择GCP
	Create GCP	在窗口中选择定义GCP
	Keep Current Tool Lock	锁住当前命令，以便重复使用
	Keep Current Tool Unlock	释放当前被锁住命令
	Find Selected Point in Input	选择寻找输入图像中的GCP
	Find Selected Point in Refer	选择寻找参考文献中的GCP
	Update Z Value on Selected GCPs	计算更新所选GCP的Z值
	Set Automatic Z Value Updating	自动更新所有GCP的Z值

控制点工具（GCP Tool）对话框，有如下几点需要注意：

（1）输入控制点（X/Y Input）是在畸变图像窗口中采集的，具有畸变图像的坐标系统，而参考控制点（X/Y Reference）是在参考图像窗口中采集的，具有已知的参考坐标系统，GCP 工具将根据对应点的坐标值自动生成转换模型，这两种数据源需要区分清楚。

（2）在 GCP 数据列表中，残差（X/Y Residuals）、中误差（RMS）、贡献率（Contribution）及匹配程度（Match）等参数，是在编辑 GCP 的过程中自动计算更新的，用户不可以任意改变，但可以通过调整 GCP 位置提高精度。

（3）所有的输入 GCP 和参考 GCP 都可以直接保存在畸变图像文件（Save Input 菜单）和参考图像文件（Save Reference 菜单）中。每个 img 文件都可以有一个 GCP 数据集与之关联，GCP 数据集保存在一个栅格层数据文件中，如果 img 文件有一个 GCP 数据集存在的话，只要打开 GCP 工具，GCP 点就会出现在窗口中。

（4）所有的输入 GCP 和参考 GCP 也可以保存在控制点文件（Save Input As 菜单）和参考控制点文件（Save Reference As 菜单）中，分别通过对应窗口的 Load Input 菜单和 Load reference 菜单加载调用。

GCP 具体采集过程如下：

GCP 工具启动后，默认情况下是处于 GCP 编辑模式，这时就可以在 Viewer 窗口中选择地面控制点（GCP）。

（1）在 Viewer #1 移动关联方框，寻找特征明显的地物点，作为输入 GCP，并在 Viewer #3 中单击确定相对应的点，GCP 数据表将记录一个输入 GCP，包括其编号（Point #）、标识码（Point ID）、*X* 坐标（X Input）、*Y* 坐标（Y Input）。

注意：GCP 一般选择在校正图像和标准图像都比较容易识别的同名地物点，如道路交叉点、路标等。且 GCP 的选择尽量要覆盖地图的整个区域，分布均匀，而不能够成线形。

（2）为使 GCP ＃1 容易识别，单击 GCP 数据列表的 Color 列 GCP ＃1 对应的空白处，在弹出的颜色列表中选择比较醒目的颜色，如黄色。

（3）在 Viewer ＃2 移动关联方框位置，寻找对应的同名地物点，作为参考 GCP。

（4）在 Viewer ＃4 中单击定点，系统自动把参考 GCP 点的坐标（X Reference，Y Reference）显示在 GCP 数据表中。

（5）为使参考 GCP 容易识别，单击 GCP 数据列表的 Color 列参考 GCP 对应的空白处，在弹出的颜色列表中选择容易区分的颜色，如红色。

（6）不断重复步骤（1）～（5），采集若干 GCP，直到满足所选定的几何校正模型为止。本例中为 6 个控制点。每采集一个 Input GCP，系统就自动产生一个参考控制点（Ref. GCP），通过移动 Ref. GCP 可以逐步优化校正模型。

注意：要移动 GCP 需要在 GCP 工具窗口选择 Select GCP 按钮，进入 GCP 选择状态。在 Viewer 窗口中选择 GCP，拖动到需要放置的精确位置。也可以直接在 GCP 数据列表中修改坐标值。如果要删除某个控制点，在 GCP 数据列表 Point ＃列，右击需要删除的点编号，在弹出的菜单项中选择 Delete Selection，删除当前控制点。

采集 GCP 以后，GCP 数据列表如图 2.11 所示。

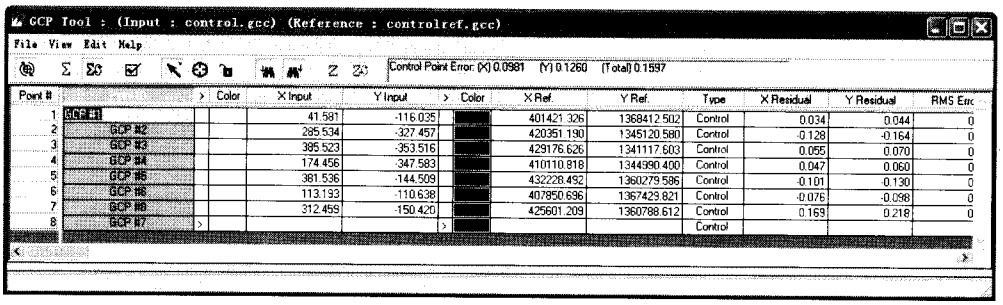


图 2.11　GCP 数据列表对话框

2.1.3.5　采集地面检查点

以上所采集的 GCP 类型均为控制点（Control Point），用于控制计算、建立转换模型及多项式方程，通过校正计算得到全局校正以后的影像图，但它的质量无从获知，因此需要用地面检查点与之对比，检验。下面所采集的 GCP 均是用于衡量效果的地面检查点（Check Point），用于检验所建立的转换方程的精度和实用性。关于 RMS 误差精度要求，并没有严格的规定。通常情况下认为在平地和丘陵地区，平面 RMS 误差不超过 1 个像素，在山区，RMS 不超过 2 个像素。

操作如下：

（1）在 GCP TOOL 菜单条选择 Edit | Set Point Type | Check 命令，进入检查点编辑状态。

（2）在 GCP Tool 菜单条中确定 GCP 匹配参数（Matching Parameter）。在 GCP Tool 菜单条选择 Edit | Point Matching 命令，打开 GCP Matching 对话框，并定义如下参数：

① 在匹配参数（Matching Parameters）选项组中设置最大搜索半径（Max. Search Radius）为3；搜索窗口大小（Search Window Size）为X值5，Y值5。

② 在约束参数（Threshold Parameters）选择组中设置相关阈值（Correlation Threshold）为0.8，删除不匹配的点（Discard Unmatched Points）。

③ 在匹配所有/选择点（Match All/Selected Point）选项组中设从输入到参考（Reference from Input）或者从参考到输入（Input from Reference）。

④ 单击Close按钮，保存设置，关闭GCP Matching对话框。

（3）确定地面检查点。在GCP Tool工具条选择Create GCP按钮，并将Lock按钮打开，锁住Create GCP功能，以保证不影响已经建立好的纠正模型。如同选择控制点一样，分别在Viewer #1和Viewer #2中定义5个检查点，定义完毕后单击Unlock按钮，解除Create GCP的功能锁定。

（4）计算检查点误差。在GCP Tool工具条选择Compute Error按钮，检查点的误差就会显示在GCP Tool的上方，只有所有检查点的误差均小于一个像元，才能够继续进行合理的重采样。一般来说，如果控制点（GCP）定位选择比较准确的话，检查点会匹配的比较好，误差会在限制范围内；否则，若控制点定义不精确，检查点就无法匹配，误差会超标。

2.1.3.6 计算转换矩阵

在控制点采集过程中，默认设置为自动转换计算模式（Compute Transformation），随着控制点采集过程的完成，转换模型就自动计算完成，下面是转换模型的查阅过程：

在Geo Correction Tool窗口中，单击Display Model Properties按钮，打开Polynomial Model Properties（多项式模型参数）对话框，在此查阅模型参数，并记录转换模型。

2.1.3.7 图像重采样

（1）在Geo Correction Tool窗口中选择Image Resample按钮，打开图像重采样（Resample）对话框，如图2.12所示。

（2）输出图像（Output File）文件名以及路径，这里设为rectify.img。

（3）选择重采样方法（Resample Method），这里选最邻近采样（Nearest Neighbor），具体方法的适用范围可以参考相应的文档。

（4）定义输出图像范围（Output Corners），在ULX、ULY、LRX、LRY微调框中分别输入需要的数值，本例中采用默认值。

（5）定义输出像元大小（Output Cell Sizes），X值30，Y值30，一般与数据源像元大

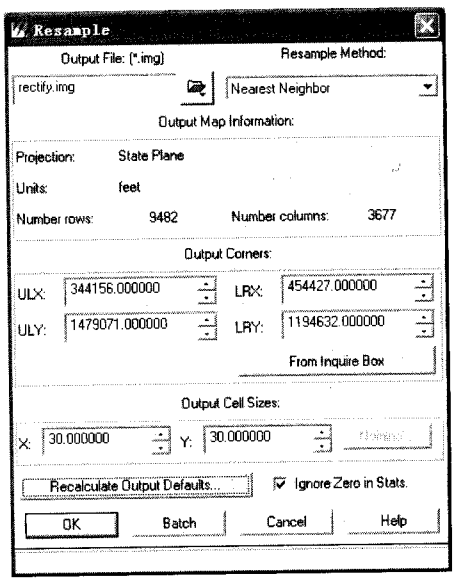


图2.12 Resample对话框

小一致。

(6) 设置输出统计中忽略零值，即选中 Ignore Zero in Stats 复选框。

(7) 单击 OK 按钮，关闭 Resample 对话框，执行重采样。

2.1.3.8 保存几何校正模式

在 Geo Correction Tools 对话框中单击 Exit 按钮，退出几何校正过程，按照系统提示选择保存图像几何校正模式，并定义模式文件（*.gms），以便下次直接使用。

2.1.3.9 检验校正结果

检验校正结果（Verify Rectification Result）的基本方法是：同时在两个窗口中打开两幅图像，其中一幅是校正以后的图像，一幅是校正时的参考图像，通过窗口地理连接（Geo Link/Unlink）功能即查询光标（Inquire Cursor）功能进行目视定性检查，具体过程如下：

(1) 打开两个平铺窗口。

在 ERDAS 图标面板菜单条选择 Session | Tile Viewers 命令，平铺窗口。

(2) 建立窗口地理连接关系。

在 Viewer #1 中右击，在快捷菜单中选择 Geo Link/Unlink 命令，在 Viewer #2 中单击，建立与 Viewer #1 的连接。

(3) 通过查询光标进行检查。

在 Viewer #1 中右击，在快捷菜单中选择 Inquire Cursor 命令，打开光标查询窗口。

在 Viewer #1 中移动查询光标，观测其在屏幕中的位置及其匹配程度，并注意光标查询窗口中数据变化。

2.1.4 数字正射校正

多项式变换虽然具有直观，灵活的优点，但由于其不考虑畸变的具体形成原因，是一种近似变换，精度也相对较低，因此在利用航片制作数字正射影像（所谓正射影像，指改正了因地形起伏和传感器误差而引起的像点位移的影像），并不直接采用这种方法进行影像校正。利用摄影测量的方法生产正射影像，要求有准确的外业控制资料，且耗时耗力，遇到某地区没有现成的 DEM，又没有带高程信息的地形图可供利用时，其不失为一种很好的方法。但若有现成 DEM 可供利用，则可采用单片数字正射校正方案，该方案不仅可以省一道很费人力物力的工序，而且还可根据航片本身的重叠度，进行隔片纠正，从生产成本和速度上大大提高了生产效率。

数字正射校正的实质就是将中心投影的影像通过数字校正形成正射投影的过程，其原理是将影像化为很多微小的区域，根据有关的参数利用相应的构像方程式或按一定的数学模型用控制点解算，求得解算模型，然后利用数字高程模型对原始非正射影像进行纠正，使其转换为正射影像。注意纠正时尽量利用影像中心区域的影像，而避免利用影像边缘的影像。下面介绍基于 ERDAS 利用航片的内外方位元素来进行正射校正的方

法，其流程如图 2.13 所示。

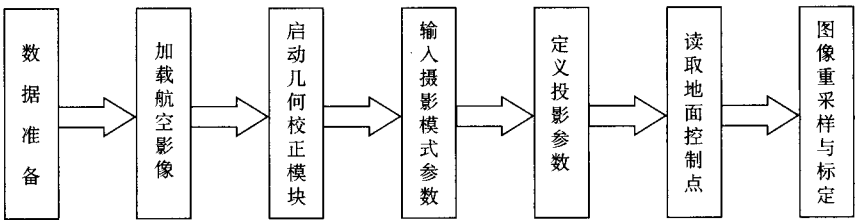


图 2.13　ERDAS 航空影像正射校正的流程图

2.1.4.1　加载航空影像

在 ERDAS 图标面板工具条选择 Viewer 图标，新建一个 Viewer，并在 Viewer 中单击 Open Layer 图标，选择 C: \ Program Files \ Leica Geosystems \ Geospatial Imaging 9.1 \ examples \ ps _ napp.img，选择 Raster Option 选项卡，选中 Fit To Frame 复选框，单击 OK 加载该影像。

注意：此时数据已有标定信息，需先删除校正标定信息，才能够进行正射处理（删除标定信息之前需先备份好原始数据，用于以后的学习使用）。删除方法如下：新建 Viewer 窗口，选择已经含有标定信息的图像，在 Viewer 窗口工具条选择显示信息（Show Information）工具，打开图像信息（Image Info）窗口，选择 Edit | Delete Map Model 命令，删除标定信息。

2.1.4.2　启动几何校正模块

（1）在 Viewer 窗口菜单条选择 Raster | Geometric Correction 命令，打开 Set Geometric Model 对话框（图 2.4）。

（2）选择 Camera 选项，单击 OK 按钮，关闭 Set Geometric Model 对话框，同时启动 Geo Correction Tools 对话框和航摄模式属性（Camera Model Properties）对话框（图 2.14）。

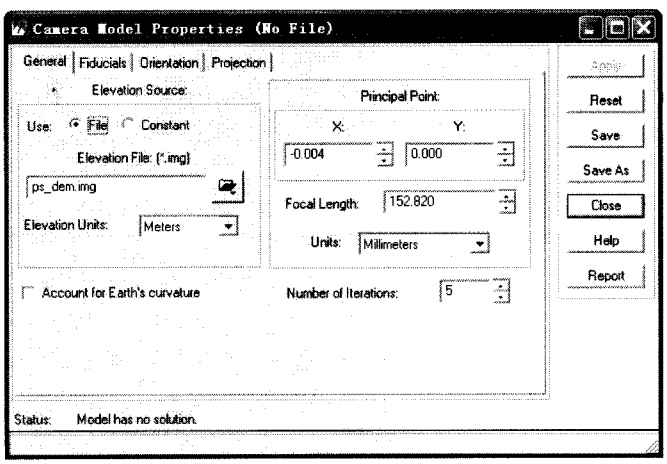


图 2.14　Camera Model Properties 对话框

2.1.4.3 输入航摄模式参数

(1) 在 Camera Model Properties 窗口中，输入高程模型文件（Elevation File）为 C: \ Program Files \ Leica Geosystems \ Geospatial Imaging 9.1 \ examples \ ps _ dem. img，同时确定高程单位（Elevation Units）为米（Meters）。

注意：高程模型文件必须是 ERDAS 内部资料格式 *. img，DEM 的覆盖范围必须是全部纠正区域，不能有缺少，否则无法完成微分纠正工作。

(2) 输入像主点（Principal Point）坐标为 X 值−0.004，Y 值 0.000。

(3) 输入镜头焦距（Focal Length）为 152.8204。

(4) 镜头焦距单位（Units）毫米（Millimeters）。

注意：以上参数是航空影像正射校正的基本参数，由航空影像销售商提供。

(5) 不考虑地球曲率（Account for Earth's Curvature）复选框，即保持该复选框为没有选中的状态。

注意：只有在选用小比例尺影像或者必须考虑地球曲率因素时才选择此复选框，考虑地球曲率会降低校正运算速度。

(6) 定义空间后方交会计算迭代次数（Number of Iterations）为 5。

(7) 设置完以上参数后，点击 Camera Model Properties 窗口上的 Apply 按钮。

2.1.4.4 确定内定向参数

在 Camera Model Properties 对话框中，选择 Fiducials 选项卡，进入航空摄影内定向参数的设定窗口，定义 Fiducial 选项卡中的类型和框标点的位置（图 2.15）。

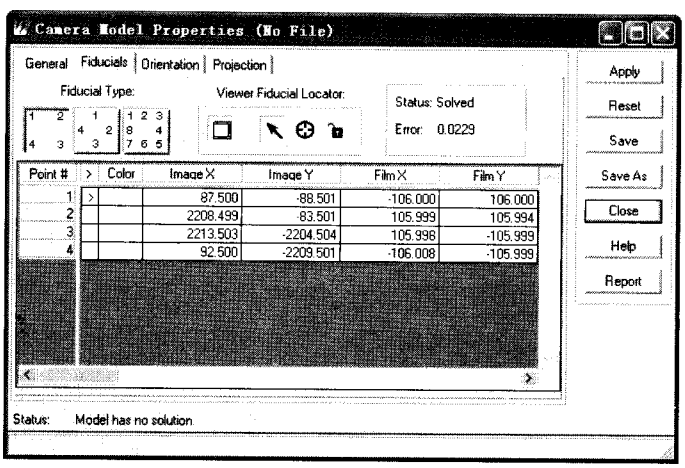


图 2.15 航空影像内定向对话框

(1) 框标类型（Fiducial Type）选择第一种，即四个角点。

(2) 定义框标位置（Viewer Fiducial Locator）。单击 Toggle Image Fiducial Input 按钮，打开 Viewer Selection Instruction 指示器对话框。

(3) 单击 ps _ napp. img 窗口，图像窗口中出现一个关联框，同时打开局部放大窗

口 Viewer #2。

(4) 在 ps _ napp. img 窗口左上角寻找框标点，在航空影像内定向窗口中单击 Place Image Fiducial 按钮，进入框标定位状态。

(5) 在 ps _ napp. img 窗口或者 Viewer #2 窗口中的框标中心位置单击，输入第一个框标点位置，该点的图像坐标（Image X，Image Y）显示在框标数据表中。

(6) 按顺时针方向重复步骤 (4) 和 (5)，直到其他三个框标点都输入到数据列表中为止。

(7) 在框标数据列表中输入该点的已知图像坐标（由航空影像销售商提供）：

Point #	File X	Film Y
1	−106.000	106.000
2	105.999	105.994
3	105.998	−105.999
4	−106.008	−105.999

当所有图像坐标都输入以后，Status 变为 Solved，同时软件自动计算误差 (Error)，表面内定向参数已经确定。这里误差值为 0.0229，误差值小于 1.0000 表明结果是可以接受的，反之误差值大于 1.0000 时就需要拖动框标点重新定位框标位置，这一操作需要先选择 Select Image Fiducial 按钮。

再次单击 Toggle Image Fiducial Input 按钮，关闭局部放大窗口。

如果已有航空影像的外方位元素 (Orientation Options)，可以在这里选择 Orientation 标签进行设置，本例中这些参数是未知的。如果前述步骤中选择了考虑地球曲率参数 (Account for Earth's Curvature)，这里将不能够设置外方位元素。下面进行投影参数 (Projection) 设置。

2.1.4.5 设置投影参数

图像正射校正要求待校正航空像片与参考 DEM 影像的投影一致，因此下面将按照 DEM 投影信息进行投影参数的设置。

(1) 在 Camera Model Properties 窗口中选择 Projection 选项卡，进入投影设置窗口。

(2) 选择 Add/Change Projection，打开 Projection Chooser 对话框（图 2.16），单击自定义 (Custom) 选项卡。

(3) 投影类型 (Projection Type) 为 UTM。

(4) 参考椭球体 (Spheroid Name) 为 Clarke 1866。

(5) 基准面名称 (Datum Name) 为 NAD27。

(6) UTM 投影分带 (UTM Zone) 输入 11。

(7) 南北半球 (North to South) 选择 North。

(8) 单击 OK 按钮关闭 Projection Chooser 对话框，返回 Projection 标签窗口。上述投影信息将显示在当前地图投影参数 (Current Reference Map Projection) 中。

(9) 选择地图坐标单位 (Map Units) 为 Meters，同时激活 Apply 按钮，单击保存

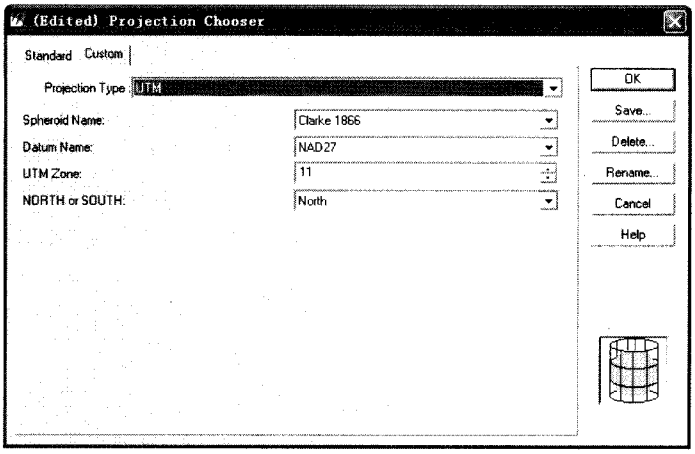


图 2.16　地图投影编辑对话框

设置。

注意：此处默认坐标为 Meters，如果 Apply 按钮处于未激活状态，可以在 Map Units 下拉列表中再次选择 Meters 激活 Apply 按钮。

(10) 单击 Save As 按钮，打开 Geometric Model Name 对话框，确定文件名为 geomodel. gms，单击 OK 按钮，关闭 Geometric Model Name 对话框。

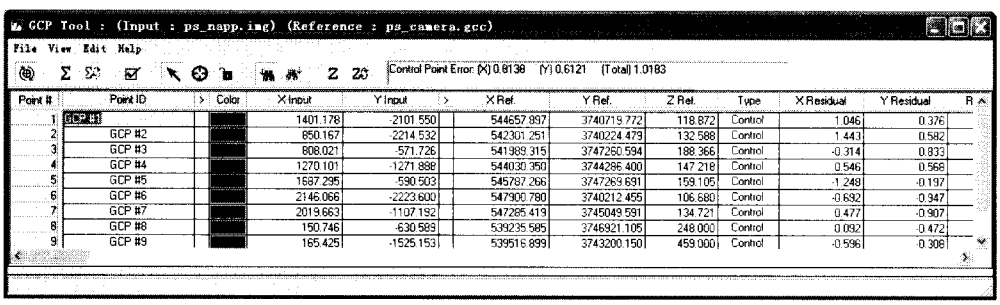
2.1.4.6　读取地面控制点

读取控制点对的目的是用于空间后方交会求解航片的外方位元素。由于有六个未知数，所以至少需要知道三个已知的地面控制点对，为了能够平差并有较好的精度，通常在像片四周选取 6 个或更多的地面控制点。具体步骤如下：

(1) 在 Geo Correction Tool 对话框中，单击 Start GCP Editor 按钮，打开 GCP Tool Reference Setup 对话框（图 2.7）。

(2) 在 Collect Reference Points From 选项中选择 GCP File (. gcc)，单击 OK 按钮，打开 Reference GCC File 对话框。

(3) 选择 ps _ camera. gcc，单击 OK 按钮关闭 Reference GCC File 对话框。屏幕上会产生一个局部放大对话框 Viewer #2，同时在 Viewer #1 中出现对应的关联框。并打开 GCP Tool 对话框（图 2.17）。



Point #	Point ID	Color	X Input	Y Input	X Ref.	Y Ref.	Z Ref.	Type	X Residual	Y Residual	R
1	GCP #1		1401.178	-2101.550	544657.897	3740719.772	118.872	Control	1.046	0.376	
2	GCP #2		850.167	-2214.532	542301.251	3740224.479	132.588	Control	1.443	0.582	
3	GCP #3		808.021	-571.726	541989.315	3747260.594	188.366	Control	-0.314	0.833	
4	GCP #4		1270.101	-1271.888	544030.350	3744286.400	147.218	Control	0.546	0.568	
5	GCP #5		1687.295	-590.503	545787.266	3747269.691	159.105	Control	-1.248	-0.197	
6	GCP #6		2146.066	-2223.600	547900.780	3740212.455	106.680	Control	-0.692	-0.347	
7	GCP #7		2019.663	-1107.192	547285.419	3745049.591	134.721	Control	0.477	-0.907	
8	GCP #8		150.746	-630.589	539235.585	3746921.105	248.000	Control	0.092	-0.472	
9	GCP #9		165.425	-1525.153	539516.899	3743200.150	459.000	Control	-0.596	-0.308	

图 2.17　GCP Tool 对话框（包含控制点）

(4) 在 GCP Tool 对话框中，单击 Solve Geometric Model 图标 Σ，系统自动计算求解模型，计算中误差（RMS）、残差（Residuals）及控制点 X、Y 坐标值误差。

(5) 在相机模型属性（Camera Model Properties）窗口中，单击 Save 按钮保存结果。

2.1.4.7 图像校正标定或者重采样

图像校正标定（Calibration）只是在原航空影像文件中将校正的数学模型以辅助信息的方式保存，而不进行重采样、不生成新文件。每当校正标定图像被使用时，像元的校正模型也必须被调用。例如，当需要在窗口中显示校正图像的校正效果时，就可以在 Select Layer To Add 窗口中选择 Orient image to map system，图像就会基于校正模型快速（on the fly）重采样。

图像校正标定的优点是使用磁盘空间少，并可以保持光盘特性不变。其主要缺点在于：如果校正数学模型很复杂的话，校正标定图像的全过程会明显减慢，所以，建议只在非常必要时才使用图像校正标定。

重采样是依据未校正图像像元值生成一幅校正图像的过程。校正影像中所有的波段都进行了重采样，且新产生的文件波段数和校正影像相同。由于标定存在前述的缺点，所以一般情况下，选择重采样而不进行标定。在前述步骤中已经完成航片的空间内、外方位元素的求解，因此可以利用共线方程求解校正像元在原始图像上相应像点坐标，由于所求得的像点坐标不一定恰好落在原始图像的像元中心，为此该点的灰度值必须进行内插（即灰度重采样）之后方可赋值给校正图像的对应像元，其具体过程如下：

(1) 在 Geo Correction Tools 对话框中，单击 Image Resample 按钮，打开重采样窗口。

(2) 输出文件（Output File）为 geomodel. img。

(3) 采样方法（Resample Method）选择三次卷积插值法（Cubic Convolution），该方法产生的图像比较平滑。

(4) 设置输出格网大小（Output Cell Sizes）为 X 值 10，Y 值 10。

(5) 选中忽略零值（Ignore Zero in Stats）复选框。

(6) 单击 OK 按钮执行重采样，结束航空影像正射校正。

图像校正标定的具体过程如下：

(1) 在 Geo Correction Tools 对话框中，单击 Calibrate Images 按钮，打开 Calibrate Image 对话框（图 2.18）。

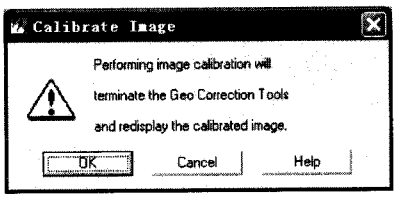


图 2.18 Calibrate Image 对话框

(2) 单击 OK 按钮，保存正射校正模式（文件名为 calibrate. gms），关闭 Geo Correction Tool 和与之相关的对话框。ps _ napp. img 被关闭之后在 Viewer 中以 Orient Image to Map System 选择项 OFF 状态被再次打开。

(3) 要对标定图像进行校正显示，需要将窗口中图像显示的 Orient Image to Map

System 选择项设为 ON 状态。即在 Viewer 中选择 Open Layer 按钮，打开 Select Add to Layer 对话框，选择 ps _ napp. img，并切换到 Raster Options 标签，选中 Orient Image to Map System 复选框之后，单击 OK 按钮，将显示校正后的图像。

（4）在标定图像窗口中，可以单击 Show Information 图标查看校正标定图像的标定信息，也可以在 Image Info 窗口删除图像标定信息。

注意：图像一旦被标定，就不能够再进行正射处理，除非将校正标定信息删除，删除方法如前所述。

2.2 图像拼接

图像拼接（Mosaic Image）就是将具有地理参考的若干幅互为邻接（时相往往可能不同）的遥感数字图合并成一幅统一的新（数字）图像。输入图像必须经过几何校正处理或者进行过校正标定。虽然所有的输入图像可以具有不同的像元大小，但必须具有相同的波段数。在进行图像拼接时，需要确定一幅标准图像，标准图像将作为输出拼接图像的基准，决定拼接图像的对比度匹配、以及输出图像的地图投影、像元大小和数据类型。制作好一幅总体上比较均衡的拼接图像，一般要经历以下工作过程。

（1）准备工作。

首先要根据研究对象和专业要求，挑选数据合适的遥感图像。在拼接时，应尽可能选择成像时间和成像条件接近的遥感图像，以减轻后续的色调调整工作。

（2）预处理工作。

主要包括：

① 辐射校正。

② 去条带和斑点。

③ 几何校正。

（3）确定实施方案。

在进行多幅图像拼接时，拼接方案的确定是最为重要的，其好坏与否直接影响到工作时间和工作量。为此，需要首先确定标准像幅，一般位于研究区中央，其次确定拼接顺序，即以标准像幅为中心，由中央向四周逐步进行。

（4）重叠区确定。

遥感图像拼接工作的进行主要是基于相邻图像的重叠区。无论是色调调整，还是几何拼接，都是将重叠区作为基准进行的，其准确与否直接影响到拼接的效果。

（5）色调调整。

色调调整是遥感数字图像拼接技术中的一个重要环节。不同时相或者成像条件存在差异的图像，由于要拼接的图像辐射水平不一样，图像的亮度差异比较大，若不进行色调调整，拼接后的图像，即使几何位置很精确，也会由于色调不同，而不能够很好的满足应用。此外，成像时相和成像条件接近的图像，也会由于传感器的随机误差造成不同像幅的色调不一致，从而影响应用的效果。因此必须进行色调调整这一工作。

（6）图像拼接。

在重叠区已经确定和色调调整完毕后，即可对相邻图像进行拼接了。所谓拼接就是

在相邻两幅图像的重叠区内找到一条接边线（剪切线），剪切线的质量直接影响拼接图像的效果。在拼接过程中，即使两幅图像进行色调调整，接缝处也有色调不一致，为此还需要在重叠区进行色调的平滑，这样才能够在拼接好的图像中无接缝存在。

2.2.1 图像拼接功能简介

启动图像拼接处理工具可以通过下列两种方式。

（1）在 ERDAS 图标面板菜单条选择 Main | Data Preparation | Mosaic Images | Mosaic Tool 命令，打开 Mosaic Tool 对话框（图 2.19）。

（2）在 ERDAS 图标面板工具条选择 Data Prep 图标 | Mosaic Images | Mosaic Tool 命令，打开 Mosaic Tool 对话框（图 2.19）。

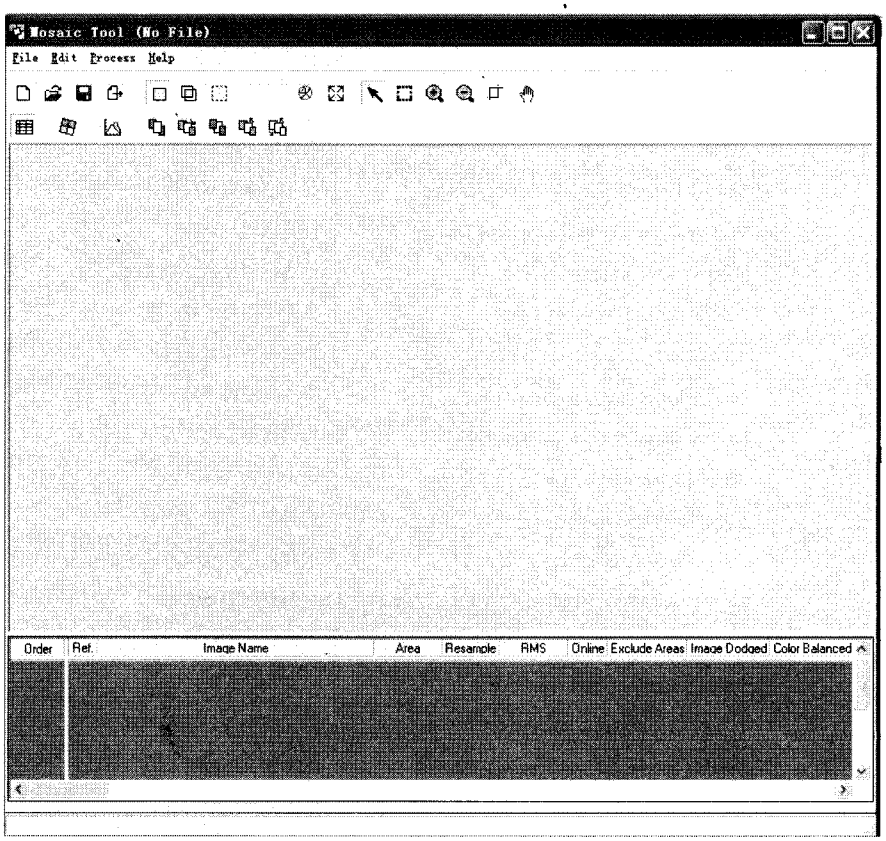


图 2.19 Mosaic Tool 对话框

Mosaic Tool 对话框由菜单条、工具条、图形窗口和状态条四部分组成，菜单条中的主要菜单命令及其功能如表 2.5 所示，工具条中的主要按钮及其功能如表 2.6 所示。

表 2.5　Mosaic Tool 对话框菜单主要命令及其功能

菜单	功能
Edit	编辑操作
Color Corrections	拼接图像色彩调整
Set Overlap Function	设置拼接图像的叠加关系
Output Options	设置输出图像参数
Delete Outputs	删除输出图像
Show Image Lists	显示输入图像列表
Process	处理操作
Run Mosaic	执行图像拼接处理
Preview Mosaic	图像拼接效果预览

表 2.6　Mosaic Tool 对话框主要工具按钮及其功能

按钮	命令	功能
	Set Mode for Input Images	设置输入图像模式
	Display Image Resample Options Dialog	显示图像重采样窗口
	Display Color Correction Options Dialog	打开色调调整窗口
	Send Selected Image(s) to Top	将选择图像置于最上层
	Send Selected Image(s) Up One	将选择图像上移一层
	Send Selected Image(s) to Bottom	将选择图像置于底层
	Send Selected Image(s) Down One	将选择图像下移一层
	Reverse Order of Selected Image(s)	将选择图像次序颠倒
	Set Mode for Intersection	设置图像交接关系
	Select Next Intersection	选择下一种相交方式
	Select Previous Intersection	选择上一种相交方式
fx	Set Overlap Function	打开叠加功能窗口
	Automatically Generate Cutlines for Intersection	设置默认相交剪切线生成方式
	Set AOI Cutlines for Intersection	设置AOI区域剪切线
	Toggle Cutline Application(Keep Other Side)	开关剪切线的应用模式
	Delete Cutlines for Intersection	删除相交区域剪切线
	Cutline Selection Viewer	打开剪切线选择窗口
	Cutline Selection Viewer Auto Mode	设置剪切线自动模式
	Save Cutlines and Overlap Areas to Shapefile	保存剪切线和重叠区域为Shapefile格式文件
	Set Mode for Output Images	设置输出图像模式
	Set Output Options Dialog	打开输出图像设置窗口
	Run the Mosaic Process to Disk	运行图像拼接
	Preview the Mosaic	预览图像拼接效果

2.2.2 多波段图像拼接

实际工作中，如果几何校正的精度足够高，图像的拼接过程只需要经过色调调整之后就可以直接运行。下面以彩色卫星图像为例，经过色调调整后，进行图像拼接。需要注意的是，对于彩色图像，需要从红绿蓝三个波段分别进行灰度的调整；对于多个波段的图像文件，进行一一对应的多个波段的灰度调整。灰度调整的方法是进行交互式的图像拉伸，进行图像直方图的规定化，或者进行更加复杂的类似变化。

2.2.2.1 启动图像拼接工具

启动图像拼接工具，见图 2.19。

2.2.2.2 加载拼接图像

(1) 选择 Main | Data Preparation | Mosaic Images | Mosaic Tool 命令，打开 Mosaic Tool 工具对话框（图 2.19），选择 Display Add Images Dialog 按钮，打开 Add Images 对话框。

或者在 Mosaic Tool 工具条菜单栏中，选择 Edit | Add Images 菜单，打开 Add Images 对话框。

(2) 先选择窗口中的 File 选项卡，在 C：\Program Files\Leica Geosystems\Geospatial Imaging 9.1\examples\路径中选择 wasia1_mss.img，按住 shift 键不放，选择 wasia3_mss.img。或者按住 Ctrl 键选择 wasia2_mss.img，wasia3_mss.img，这样一次选中三个数据。

(3) 再选择 Image Area Options 标签，进入 Image Area Options 对话框（图 2.20），进行拼接影像范围的选择。ERDAS 提供以下五种方法：

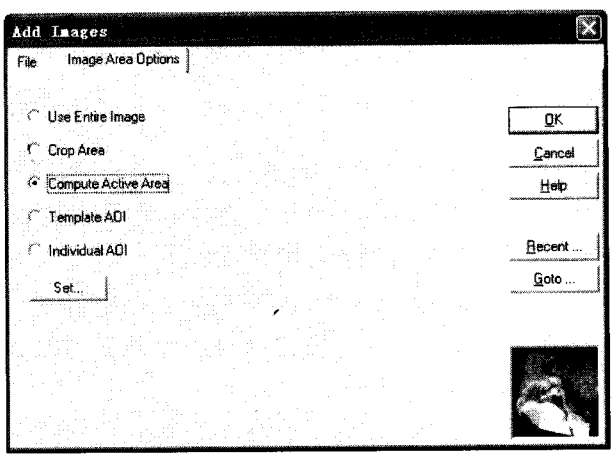


图 2.20 Add Images 对话框 Image Area Options 标签

Use Entire Image：使用整幅影像，即将每一幅输入影像的外接矩形范围都用于拼接。

Crop Area：裁剪区域。选择此项将出现裁剪比例（Crop Percentage）选项，输入不同的百分数，表示将每幅输入影像的矩形图幅范围按此百分数进行四周裁剪，并利用裁剪后的图幅进行拼接。例如，如果某一研究区原有矩形图幅范围为 1000km^2，如果设置百分数为 50%，则用于拼接的矩形图幅范围为图幅中心 500km^2。

Compute Active Area：计算活动区，即只利用每幅影像中的有效数据覆盖的范围用于拼接。

Template AOI：模板 AOI，即在一幅待拼接影像中利用 AOI 工具绘制用于拼接的图幅范围。这里 AOI 将被转换为文件坐标（AOI 相对于整个图幅的位置），在拼接时，利用此相对位置先在所有图幅中选择拼接范围，然后将此范围内的多幅图像用于拼接。

Individual AOI：单一 AOI，即利用人为指定的 AOI 从输入影像中裁剪感兴趣区域进行拼接。

注意：通常用到的 TM 等数字图像，经过校正等工作以后，会在边界上出现黑色的锯齿状的数据，因此需要定义有效的 AOI 去除该区域，以使得拼接结果更加理想。

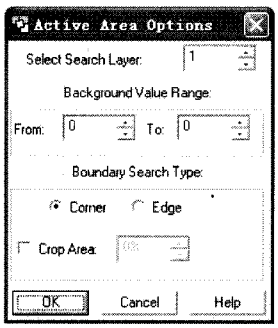


图 2.21 Active Area Options 对话框

（4）本例中选择计算活动区（Compute Active Area）按钮，并单击 Set 打开 Active Area Options 对话框（图 2.21），可以对如下参数进行设置：

Select Search Layer：指定哪个图层用于活动区的选择。

Background Value Range：背景值范围，即根据 from，to 设置某一光谱段或光谱值为背景值，在运行拼接过程中落入该光谱范围内的图像不参与拼接运算。

Boundary Search Type：边界搜索类型，包括 Corner 和 Edge 选项。选择 Corner 时可以对 Crop Area 进行设置，将对输入影像进行裁剪。

（5）点击 OK，加载三幅卫星图像。

2.2.2.3 图像叠置组合

图像叠置组合的目的是用于选择不同的拼接实施方案。当只有两幅影像用于拼接时，其重叠区是固定的，不需要做任何设置；而当有多幅影像需要拼接时，则需要在此进行图像叠置组合顺序的调整，以设置较好的拼接方案。

（1）在 Mosaic Tool 工具条选择 Set Mode for Input Images 按钮 □，进入图像设置模式状态。Mosaic Tool 工具条会出现与该模式对应的调整图像叠置次序的编辑按钮（表 2.6）。

（2）选择任意一副（或者多幅）图像，被选中图像将会高亮显示。根据需要，利用工具库 ，，，，，对图像进行上移下移调整，确定拼接方案。本例中，按三幅影像的编号顺序依次进行拼接，即 wasia1 _ mss. img 与 wasia2 _ mss. img 拼接完

成之后再与 wasia3 _ mss. img 拼接。组合顺序调整完成后，在图面空白处单击鼠标，取消图像选择。

注意：拼接顺序调整好之后，意味着重叠区也随之确定，不同的图像叠置组合顺序，用于拼接的重叠区也不尽相同。具体查看方法是在 Mosaic Tool 工具条选择 Set Mode for Intersection 按钮，在图幅窗口中会出现重叠区的边框。本例中单击图幅 1 和图幅 2 重叠的部分，则会高亮显示重叠区，同时图幅 3 变为不可见。再次单击图幅 3 所覆盖的范围，图幅 3 变为可见，单击图幅 3 与图幅 1 和 2 的组合图像的重叠的部分会高亮显示叠加区。

2.2.2.4 图像匹配设置

（1）在 Mosaic Tool 工具条选择 Display Color Corrections 按钮，打开色彩校正（Color Corrections）对话框（图 2.22）。

注意：如果输入的拼接影像自身存在较大的亮度差异（例如，中间暗周围亮或者一边亮一边暗），需要首先利用色彩平衡（Use Color Balancing）去除单幅影像自身的亮度差异。本例中不需要对此进行设置。

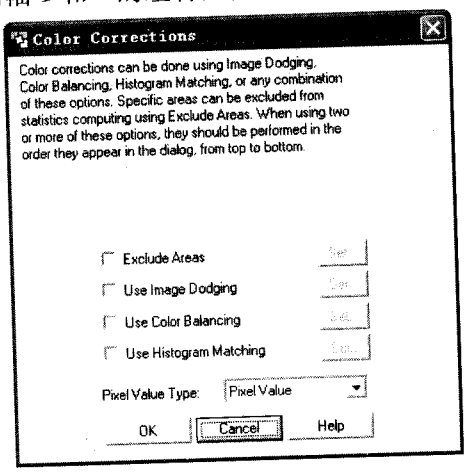


图 2.22 Color Corrections 对话框

（2）选中 Use Histogram Matching 按钮，单击 Set，打开 Histogram Matching（直方图匹配）对话框（图 2.23），执行影像的色调调整。

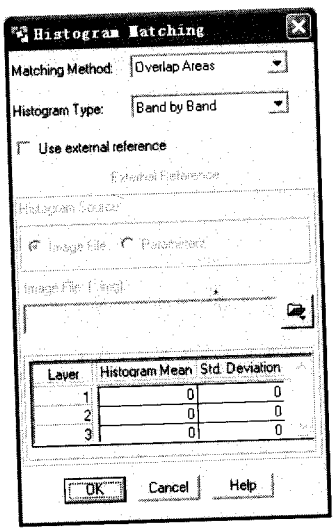


图 2.23 Histogram Matching 对话框

（3）匹配方法（Matching Method）为 Overlap Areas，即只利用叠加区直方图进行匹配。直方图类型（Histogram Type）为 Band by Band，即分别从红绿蓝三个波段进行灰度的调整（如果是多波段，则表示逐波段进行一一对应的灰度调整）。

（4）单击 OK 按钮，保存设置，回到 Color Corrections 对话框，在 Color Corrections 窗口中再次单击 OK 按钮退出。

（5）在 Mosaic Tool 工具条选择 Set Mode for Intersection 按钮，进入设置图像关系模式的状态。

（6）在 Mosaic Tool 工具条选择叠加函数（Set Overlap Function）按钮 fx，或是从 Mosaic Tool 工具菜单栏，打开该对话框（图 2.24）。

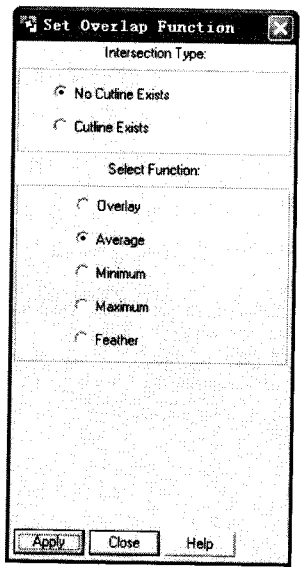


图 2.24 Set Overlap Function 对话框

(7) 设置叠加方法 (Intersection Method) 为无剪切线 (No Cutline Exists)，重叠区像元灰度计算 (Select Function) 为均值 (Average)，即叠加区各个波段的灰度值是所有覆盖该区域图像灰度的均值。

(8) 单击 Apply 按钮应用设置，单击 Close 按钮关闭 Set Overlap Function 对话框。

2.2.2.5 运行 Mosaic 工具

(1) 在 Mosaic Tool 工具条选择输出影像模型 (Set Mode for Output Images) 按钮，进入输出模式设置状态。选择 Run the Mosaic Process to Disk 按钮，打开 Output File Name 对话框。

或者在 Mosaic Tool 菜单条选择 Process | Run Mosaic 命令，打开 Output File Name 对话框。

(2) 输出文件名为 wasia _ mosaic. img，选择 Output Options 标签，选中忽略统计输出值 (Stats Ignore Value) 复选框。

(3) 单击 OK 按钮，关闭 Run Mosaic 对话框，运行图像拼接。

2.2.2.6 退出 Mosaic 工具

在 Mosaic Tool 菜单条选择 File | Close 菜单，系统提示是否保存 Mosaic 设置，单击 No 按钮不保存，关闭 Mosaic Tool 对话框，退出 Mosaic 工具。

2.2.3 剪切线拼接

下面以航空图像为例，利用剪切线，进行图像拼接。剪切线就是在拼接的过程中，可以在相邻的两个图的重叠区域内，按照一定规则选择一条线作为两个图的接边线。主要是为了改善接边差异太大的问题。例如，在相邻的两个图上如果有河流、道路，就可以画一个沿着河流或者道路的剪切线，这样图像拼接后就很难发现接边的缝隙，剪切线也可以选择 ERDAS 提供的几个预定义的线形。为了去除接缝处影像不一致的问题，还要对接缝处进行羽化处理，使剪切线变得模糊并融入影像中。

2.2.3.1 拼接准备工作，设置输入图像范围

(1) 在 Viewer 图标面板菜单条选择 File | Open | Raster Layer 菜单，打开 Select Layer to Add 对话框。

或者在 Viewer 图标面板工具条选择 Open Layer 按钮，打开 Select Layer to Add 窗口。

(2) 在路径 C: \ Program Files \ Leica Geosystems \ Geospatial Imaging 9.1 \

examples 中选择 air-photo-1. img，单击 Raster Options，选中 Fit to Frame 按钮，保证加载的图像充满整个 Viewer 窗口。单击 OK 按钮，air-photo-1. img 在 Viewer 窗口中显示。

(3) 在 Viewer 图标面板菜单条选择 AOI | Tool 菜单，打开 AOI 工具对话框。单击 Create Polygon AOI 按钮，在 Viewer 中沿着 air-photo-1. img 内轮廓绘制多边形 AOI。

(4) 在 Viewer 图标面板菜单条选择 File | Save | AOI Layer As 菜单（图 2.25），设置输出文件路径以及名称，这里为 template. aoi。

注意：由于航片四周有框标，绘制 AOI 的目的就是为了去除框标，只利用内轮廓数据用于拼接。这里也可以根据研究的需要选择合适的范围绘制 AOI 用于拼接。

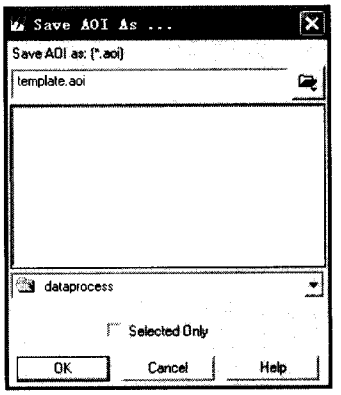


图 2.25 Save AOI As 对话框

2.2.3.2 启动图像拼接工具

请见图 2.19。

2.2.3.3 加载拼接图像

(1) 在 Mosaic Tool 图标面板菜单条选择 Edit | Add Images 菜单，打开 Add Images 对话框。

或者在 Mosaic Tool 图标面板工具条选择 Add Images 图标，打开 Add Images 窗口。

(2) 选择 air-photo-1. img，并选择 Image Area Options 标签，切换到 Image Area Options 对话框（图 2.20）。选择 Template AOI，单击 Set 打开 Choose AOI 对话框（图 2.26）。

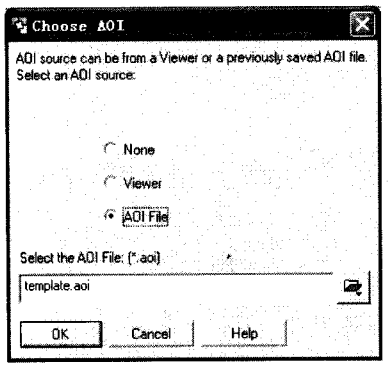


图 2.26 Choose AOI 对话框

(3) 在 Select AOI File 中加入 template. aoi 文件，即利用 AOI 记录的文件坐标包含的图幅范围用于拼接。单击 OK 关闭 Choose AOI 对话框。

(4) 在 Add Images 窗口中单击 OK，air-photo-1. img 在 Mosaic Tool 对话框中显示。

(5) 以同样的方法加入另外一幅接边融合数据 air-photo-2. img。

注意：如果 Image List 没有自动在底部显示，则可以在 Mosaic Tool 图标面板菜单条选择 Edit | Image Lists 菜单打开影像列表。

2.2.3.4 确定相交区域

(1) 在 Mosaic Tool 工具条选择 Set Mode For Intersection 按钮，两幅图像之间将会出现叠加线（图 2.27）。

(2) 在 Mosaic Tool 图面对话框，单击两幅图像的相交区域，该区域将被高亮显示。

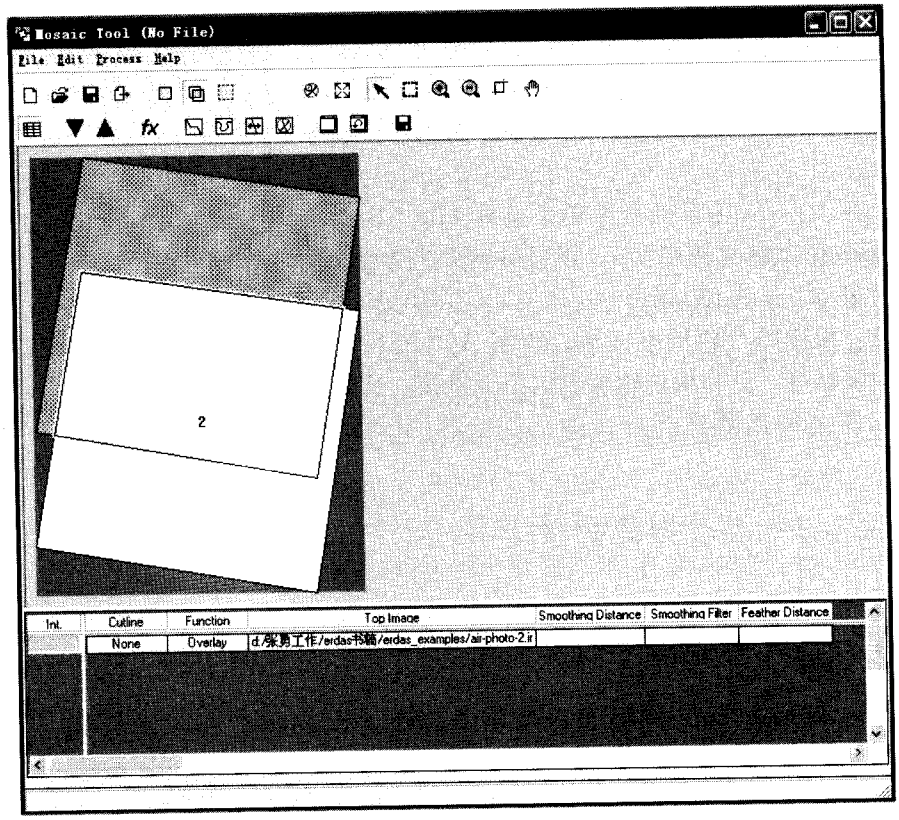


图 2.27 叠加线高亮显示

2.2.3.5 绘制接缝线

在 Mosaic Tool 工具条单击 Set Mode for Intersection 按钮，进入图像叠加关系模式设置。

(1) 选择 Cutline Selection Viewer 按钮，打开接缝线选择窗口。

(2) 打开绘制线状 AOI 工具，在叠加区绘制线状 AOI (图 2.28)。

(3) 在 Mosaic Tool 工具条，选择 Set AOI Cutlines for Intersection 按钮，打开 Choose Cutline Source 对话框。

(4) 选择 AOI from Viewer 按钮和 Apply cutlines to selected regions only 按钮，单击 OK。将弹出窗口指出如果投影信息发生变化接缝线会丢失，单击 Yes，接缝线将在图面中以红色高亮显示。

注意：接缝线尽可能沿着线性地物走，如河流、道路、线性构造等；当两幅图像的质量不同时，要尽可能选择质量好的图像，用接缝线去掉有云、噪声的图像区域，以便于保持图像色调的总体平衡，产生浑然一体的视觉效果。

（5）在 Mosaic Tool 工具条中选择 Set Overlap Function 按钮，打开 Set Overlap Function 对话框（图 2.29）。

（6）设置相交类型为 Cutline Exists。

（7）设置 Feathering Options 为 Feathering，即对接缝线附近进行羽化操作，使接缝处影像显示效果比较一致。

（8）单击 Apply 按钮应用设置。

（9）单击 Close 按钮关闭 Set Overlap Function 对话框。

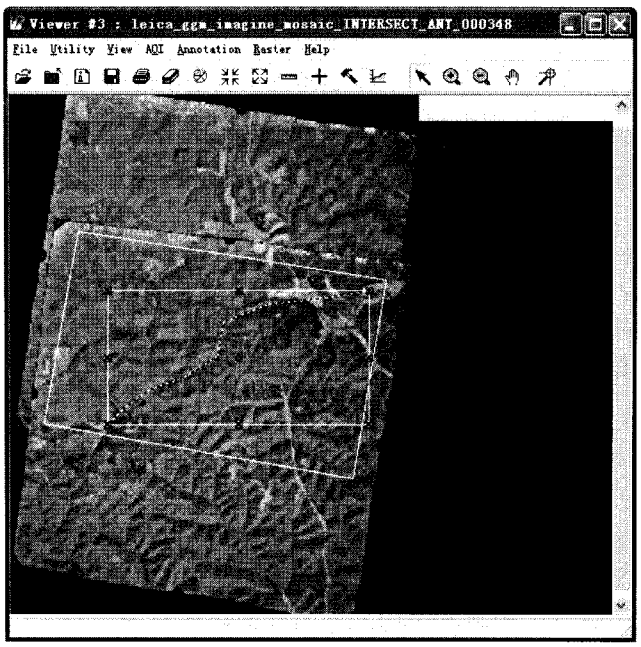


图 2.28　叠加区线状 AOI（图中虚线）

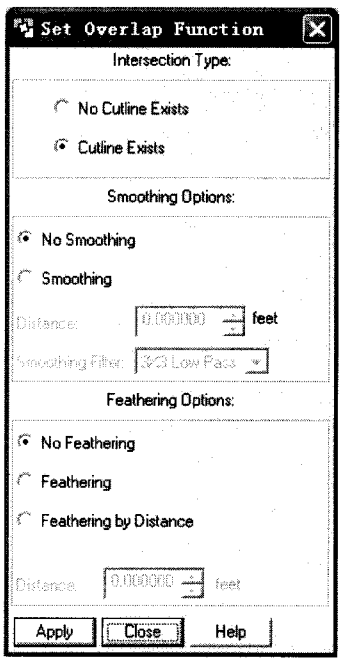


图 2.29　Set Overlap Function 对话框

2.2.3.6　定义输出图像

在 Mosaic Tool 工具条中选择 Set Mode for Output Images 按钮，进入图像输出模式设置。

（1）在 Mosaic Tool 工具条选择 Set Output Options Dialog 按钮，打开 Output Image Options 对话框。

（2）定义输出图像区域（Define Output Map Areas）为所有输入影像的范围（Union of All Inputs）。

（3）定义输出像元大小（Output Cell Size），X 值为 10，Y 值为 10。

（4）输出数据类型（Output Data Type）为 Unsigned 8 bit。

（5）单击 OK 按钮，关闭 Output Image Options 对话框。

2.2.3.7 运行拼接功能

(1) 在 Mosaic Tool 工具条选择 Run the Mosaic Process to Disk 按钮，打开 Output File Name 对话框。

(2) 设置拼接文件输出路径以及名称：这里命名为 AirMosaic. img。

(3) 选择 Output Options 标签，选中忽略统计值（Stats Ignore Value）按钮。

(4) 返回到 File 标签，单击 OK 按钮，运行图像拼接。

2.2.3.8 退出图像拼接工具

在 Mosaic Tool 菜单条单击 File | Close 菜单，系统提示是否保存 Mosaic 设置，单击 No 按钮，关闭 Mosaic Tool 对话框，退出 Mosaic 工具。

2.3 图像投影变换

图像投影变换（Reproject Images）的目的在于将图像文件从一种投影类型转换到另一种投影类型。这种变换可以对单幅图像进行，也可以通过批处理向导（Batch Wizard）对多幅图像进行。与图像几何校正过程中的投影变换相比，这种直接的投影变换可以避免多项式近似值的拟合，对于大范围图像地理参考是非常有意义的。

图像投影变换既可以在数据预处理模块中启动，也可以在图像解译模块中启动。

在数据预处理模块（Data Prep）中启动投影变换操作步骤如下：

在 ERDAS 图标面板菜单条选择 Main | Data Preparation | Reproject Images 命令，打开 Reproject Images 对话框（图 2.30）。

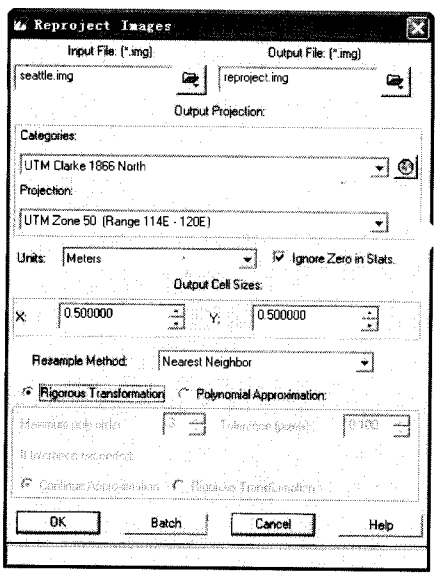


图 2.30 Reproject Images 对话框

或者在 ERDAS 图标面板工具条选择 Data Prep 图标 | Reproject Images 命令，打开 Reproject Images 对话框。

在图像解译模块（Interpreter）中启动投影变换，投影变换操作步骤如下：

在 ERDAS 图标面板菜单条选择 Main | Image Interpreter | Utilities | Reproject Images 命令，打开 Reproject Images 对话框（图 2.30）。

或者在 ERDAS 图标面板工具条选择 Image Interpreter 图标 | Utilities | Reproject Images 命令，打开 Reproject Images 对话框。

在 Reproject Images 对话框中进行投影变换。下面以 ERDAS 中提供的西雅图影像数据为例，具体步骤如下：

(1) 选择处理图像文件（Input File）为：

C: \ Program Files \ Leica Geosystems \ Geospatial Imaging 9.1 \ examples \ seattle. img。

(2) 选择输出图像文件 (Output File)，根据需求设置存储路径与名称，这里命名为 reproject. img。

(3) 定义输出图像投影 (Output Projection)：包括投影类型和投影参数。这里定义投影类型 (Categories) 为 UTM Clarke 1866 North，定义投影参数 (Projection) 为 UTM Zone50 (Range 114E-120E)。

(4) 定义输出图像单位 (Units) 为 Meters。

(5) 确定输出统计默认忽略零值。

(6) 定义输出像元大小 (Output Cell Size)，X 值为 0.5，Y 值为 0.5。

(7) 选择重采样方法 (Resample Method) 为最邻近方法 (Nearest Neighbor)。

(8) 定义转换方法为严格按照数学模型进行转换 (Rigorous Transformation)。

如果选择多项式近似拟合 (Polynomial Approximation) 方法，还需增加步骤 (9) ～ (11)。

(9) 多项式最大次方 (Maximum Poly Order) 为 3。

(10) 定义像元容差 (Tolerance Pixels) 为 1。

(11) 如果在设置的最大次方内超出像元容差限制，可以选择依然应用多项式模型 (Continuous Approximation) 转换，或者严格按照投影模型 (Rigorous Transformation) 转换。

(12) 单击 OK 按钮，关闭 Reproject Images 窗口，执行投影变换。

2.4 图像分幅裁剪

实际工作中，我们经常会得到一幅覆盖较大范围的图像，而我们需要的数据只覆盖其中的一小部分。为节约磁盘存储空间，减少数据处理时间，常常需要对图像进行分幅裁剪 (subset)。按照 ERDAS 实现分幅裁剪的过程，可以将其分为两种类型：规则分幅裁剪 (Rectangle Subset)，不规则分幅裁剪 (Polygon Subset)。

2.4.1 规则分幅

规则分幅裁剪是指裁剪图像的边界范围是一个矩形，通过左上角和右下角两点的坐标就可以确定图像的裁剪位置，整个裁剪过程比较简单。

2.4.1.1 首先打开需要裁剪的图像，并且设置裁剪范围

(1) 在 ERDAS 图标面板菜单条选择 Main | Start IMAGE Viewer 命令，打开 Select Viewer Type 对话框。

或者在 ERDAS 图标面板工具条选择 Viewer 图标，打开 Select Viewer Type 对话框。

(2) 选择 Classic Viewer 按钮，单击 OK 按钮，打开一个新的 Viewer 对话框。

(3) 在 Viewer 菜单条选择 File | Open | Raster Layer 菜单，打开 Select Layer to Add 对话框。

或者在 Viewer 工具条选择 Open Layer 按钮，打开 Select Layer to Add 对话框。

(4) 在文件列表中选择 C: \ Program Files \ Leica Geosystems \ Geospatial Imaging 9.1 \ examples \ dmtm.img，单击 OK 按钮，在 Viewer 中显示该数据。

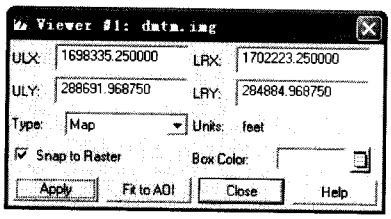


图 2.31 查询框

(5) 在 Viewer 菜单条选择 Utility | Inquire Box 菜单，打开查询框（图 2.31）。

或者右击图面，进入 Quick View 菜单条，选择 Inquire Box 菜单，打开查询窗口（图 2.31）。

(6) 在此根据需要输入左上角点和右下角点的坐标，也可以在图幅窗口中直接拖动查询框到需要的范围。本例中输入以下坐标：

ULX：1698385.570，

ULY：288632.691217，

LRX：1702282.557434，

LRY：284900.708704。

(7) 单击 Apply 按钮，查询对话框移动到图 2.31 所设的坐标范围处。

2.4.1.2 根据已经设置好的裁剪范围裁剪图像

(1) 在 ERDAS 图标面板菜单条选择 Main | Data Preparation | Subset Image 命令，打开 Subset 对话框（图 2.32）。

或者在 ERDAS 图标面板工具条选择 Data Prep 图标 | Subset Image 命令，打开 Subset 对话框（图 2.32）。

(2) 选择处理图像文件（Input File）为：dmtm.img。

(3) 输出文件名称（Output File）为：dmtm_sub.img。

(4) 单击 From Inquire Box 按钮引入裁剪过程 1 中设置的两个角点坐标，坐标类型（Coordinate Type）为 Map。

(5) 输出数据类型（Data Type）为：Unsigned 8 Bit，Continuous。

(6) 输出统计忽略零值，选中 Ignore Zero In Output stats 复选框。

(7) 输出波段（Select Layers）为 1：7（表示 1，2，3，4，5，6，7 这 7 个波段）。

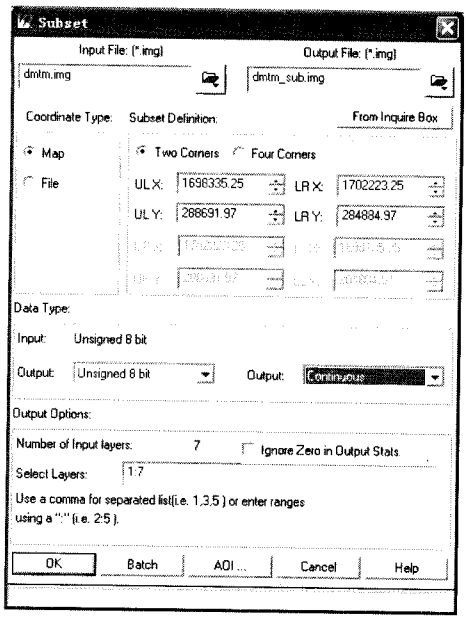


图 2.32 图像裁剪（Subset）对话框

(8) 单击 OK 按钮（关闭 Subset 对话框，执行图像裁剪）。

注意：上述的裁剪过程是通过 Inquire Box 引入已经预先设定好的坐标定义裁剪范围的，也可以直接在 Subset 对话框中输入左上角点（UL X，UL Y）和右下角点（LR X，LR Y）确定裁剪范围；另外一种方法是应用感兴趣区域（AOI），具体过程首先是在打开被裁剪图像的窗口中绘制矩形 AOI，然后在 Subset 对话框中选择 AOI 功能，打开 AOI 窗口，并选择 AOI 区域来自图像窗口即可。下面将介绍利用多边形 AOI 进行不规则裁剪。

2.4.2 不规则分幅

不规则分幅裁剪是指裁剪图像的边界范围是任意多边形，不能通过左上角和右下角两点的坐标确定裁剪范围，而必须事先设置一个完整的闭合多边形区域，可以利用 AOI 工具创建裁剪多边形，然后利用分幅工具进行分割。

实现步骤如下：

（1）打开要裁剪的图像 dmtm. img，在 Viewer 图标面板菜单条选择 AOI | Tools 菜单，打开 AOI 工具条。

（2）应用 AOI 工具绘制多边形 AOI，将多边形 AOI 保存在 dmtm _ aoi. aoi 文件中。

注意：如果一次绘制多个 AOI，需要按住 Shift 键选择绘制的所有 AOI，否则默认选择最后一次绘制的 AOI。

（3）在 ERDAS 图标面板菜单条选择 Main | Data Preparation | Subset Image 命令，打开 Subset 对话框（图 2.32）。

或者在 ERDAS 图标面板工具条选择 Data Prep 图标 | Subset Image 命令，打开 Subset 对话框（图 2.32）。

（4）选择处理图像文件（Input File）为：C：\Program Files\Leica Geosystems\Geospatial Imaging 9.1\examples\dmtm. img。

（5）输出文件名称（Output File）为：dmtm _ sub _ aoi. img，并设置存储路径。

（6）单击 AOI，打开 Choose AOI 对话框（图 2.33）。

（7）选择 AOI 的来源为 Viewer（或者为 AOI File）。如果是 Viewer，要注意如果需要多个 AOI，需要在 Viewer 中按住 Shift 键选中所需要的 AOI；如果是 AOI File，则进一步选择（2）中保存的 dmtm _ aoi. aoi 中。

（8）输出数据类型（Data Type）为：Unsigned 8 Bit，Continuous。

（9）输出统计忽略零值，选中 Ignore Zero In Output stats 复选框。

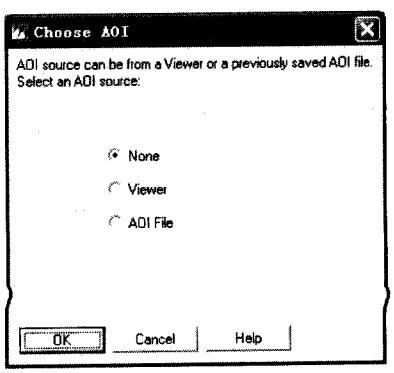


图 2.33 Choose AOI 对话框

（10）设置输出波段（Select Layers），这里选 1：7（表示 1，2，3，4，5，6，7 这

7 个波段)。

(11) 单击 OK 按钮，关闭 Subset 对话框，执行图像裁剪。

2.5 图像融合

在遥感应用中，有时会要求图像同时具有高空间分辨率和高光谱分辨率。然而，现在由于技术条件的限制，仪器很难提供这样的数据。举例来说，SPOT PAN 等卫星提供的高空间分辨率全色图像，光谱分辨率很低；Landsat TM 等卫星提供的高光谱分辨率图像，空间分辨率却很低，解决这些问题的关键技术就是图像融合。

图像融合（Image Fusion）技术是指将多源信道所采集到的关于同一目标的图像经过一定的图像处理，提取各自信道的信息，最后综合成同一图像以供观察或进一步处理。

高效的图像融合方法可以根据需要综合处理多源通道的信息，从而有效提高图像信息的利用率、系统对目标探测识别可靠性及系统的自动化程度。其目的是将单一传感器的多波段信息或不同类传感器所提供的信息加以综合，消除多传感器信息之间可能存在的冗余和矛盾，以增强影像中信息透明度，改善解译的精度、可靠性以及使用率，以形成对目标的清晰、完整、准确的信息描述。

分辨率融合是针对不同空间分辨率的遥感图像的融合处理，使处理后的遥感图像既具有较好的空间分辨率，又具有多光谱特性，从而达到图像增强的目的。图像分辨率融合的关键是融合前两幅图像的配准（Rectification）以及处理过程中融合方法的选择，只有将不同空间分辨率的图像精确地进行配准，才可能得到满意的融合效果；而对于融合方法的选择，则取决于被融合图像的特征以及融合的目的，同时，需要对融合方法的原理有正确的认识。

ERDAS 分辨率融合提供三种方法：主成分变换融合（Principle Component）、乘积变换融合（Mutiplicative）和比值变换融合（Brovey Transformation），此部分内容详见第 4 章。

下面以 TM 多光谱影像和 SPOT 高分辨率影像融合为例，利用主成分变换方法生成既具有高空间分辨率，同时也包含高光谱信息的分辨率融合图像，具体步骤如下：

(1) 在 ERDAS 图标面板菜单条，选择 Main | Image Interpreter | Spatial Enhancement | Resolution Merge 菜单，打开 Resolution Merge 对话框（图 2.34）。

(2) 确定高分辨率输入文件（High Resolution File）为 C: \ Program Files \ Leica Geosystems \ Geospatial Imaging 9.1 \ examples \ spots.img。

(3) 确定多光谱输入文件（Multispectral Input File）为 dmtm.img。

(4) 定义输出文件（Output File）为 reso-merge.img。

(5) 选择融合方法（Method），这里选用主成分变换法（Principle Component）。

(6) 选择重采样方法（Resample Techniques），这里设置为 Bilinear Interpolation 双线性插值。

(7) 输出数据选择（Output Options）为 Stretch Unsigned 8 bit。

(8) 输出波段选择（Layer Selection）为 Select Layers 1：7。

(9) 单击 OK 按钮，关闭 Resolution Merge 对话框，执行分辨率融合。

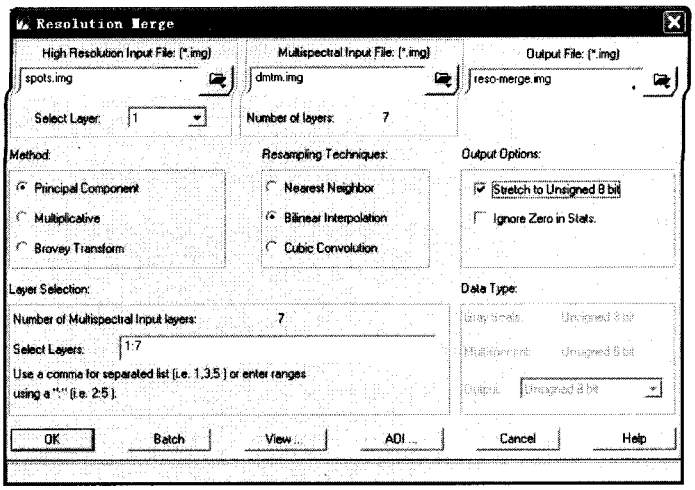


图 2.34　分辨率融合对话框

2.6　图像命令基本功能

2.6.1　图像命令工具简介

ERDAS IMAGINE 中，通过图像命令工具（Image commands）可以查看或者编辑 ERDAS 支持的图像文件的许多基本信息（如统计信息、地图信息等），可以改变栅格图像的类型、对图像进行统计计算、生成及删除图像的金字塔层、改变及删除图像的地图模式、改变及删除图像的地图投影等。

图像命令工具可以通过以下方法启动：

ERDAS 图标面板菜单条，单击 Tools | Image Command Tool 命令，打开 Image Commands 对话框（图 2.35）。

图 2.35 中的 Image File 输入框是输入要处理的图像，其下是针对该图像可执行的操作。在 14 类操作中针对某种特定的图像可能只能执行其中部分操作，所以图像确定后，并不是所有执行复选框都变为可选（即由灰变黑）。

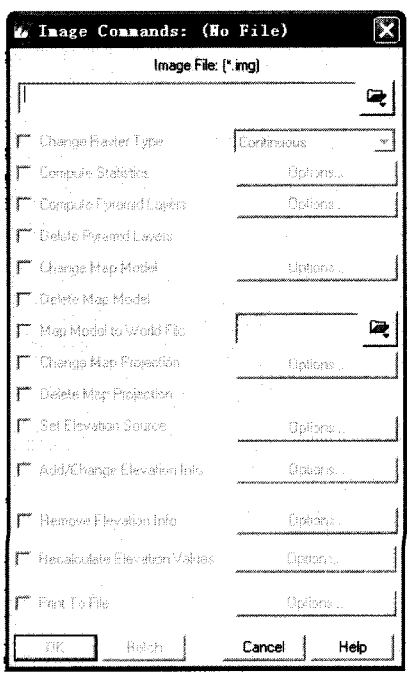


图 2.35　Image Commands 对话框

(9) 单击 OK 按钮，关闭 Resolution Merge 对话框，执行分辨率融合。

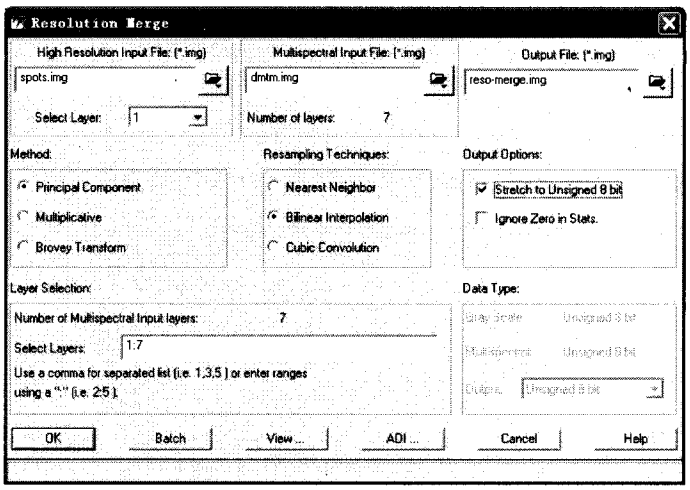


图 2.34　分辨率融合对话框

2.6　图像命令基本功能

2.6.1　图像命令工具简介

ERDAS IMAGINE 中，通过图像命令工具（Image commands）可以查看或者编辑 ERDAS 支持的图像文件的许多基本信息（如统计信息、地图信息等），可以改变栅格图像的类型、对图像进行统计计算、生成及删除图像的金字塔层、改变及删除图像的地图模式、改变及删除图像的地图投影等。

图像命令工具可以通过以下方法启动：

ERDAS 图标面板菜单条，单击 Tools | Image Command Tool 命令，打开 Image Commands 对话框（图 2.35）。

图 2.35 中的 Image File 输入框是输入要处理的图像，其下是针对该图像可执行的操作。在 14 类操作中针对某种特定的图像可能只能执行其中部分操作，所以图像确定后，并不是所有执行复选框都变为可选（即由灰变黑）。

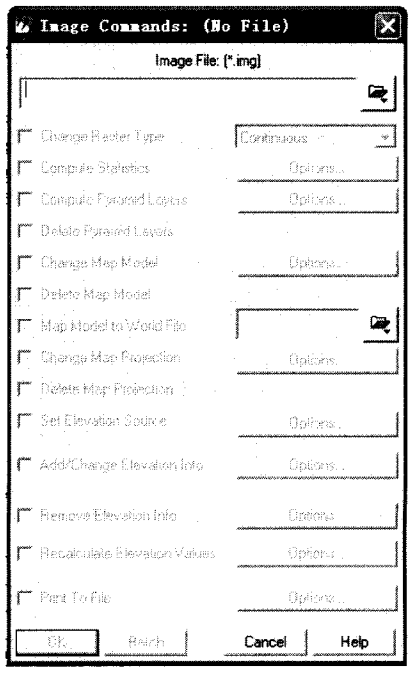


图 2.35　Image Commands 对话框

2.6.2 常用图像命令功能操作简介

2.6.2.1 改变栅格图像类型

按照数据文件值的特点，栅格图像在 ERDAS IMAGINE 9.1 中可分为 4 类：

Nominal：如基于 1 为水、2 为林地的编码方式产生的图像文件；

Ordinal：如基于 1 为优、2 为良、3 为劣的编码方式产生的森林质量图像文件；

Interval：如数字高程模型（DEM）图层，这类图像的数据文件值中没有一个绝对 0 值；

Ratio：如坡度图层，这个类别的图像数据文件值是有自然 0 值存在的。

Nominal 和 Ordinal 图像也被称作 Categorical 或者 Thematic 图像。Interval 和 Ratio 图像又被称做 Continuous 图像。在 ERDAS IMAGINE 中对这两种图像的显示和处理方法是不同的。本工具可以在这两者之间进行转换。之所以要在 Thematic 和 Continuous 图像之间作转换是因为有时候要对某图像层做特定处理，而该处理功能只能在 Thematic 或 Continuous 图像上进行。例如，Recoding 功能只能对 Thematic 图像进行。

需要说明的是：并非所有 Continuous 和 Thematic 图像都可以任意地向另一类型进行转换，而必须满足一定的要求。如要转变成 Thematic 类型的 Continuous 图像，它必须保证“现有统计值是用（1，1）的 skip factor 和 direct bin 函数计算出来的”、“图像的 RASTER DLL 支持 Thematic 文件”等条件。用户可以依据自己的实际需要具体参照 ERDAS IMAGINE 9.1 的联机帮助获取更多的相关信息。

2.6.2.2 计算图像统计值

一个图像文件不仅包括数据文件原值，而且还包括很多附加信息，如统计信息、查找表、地图投影、地图坐标等。其中，统计信息是根据数据文件值产生而且并入到图像文件中。Continuous 和 Thematic 图像都包括有统计信息。对 Thematic 图像而言，它的统计信息包括数据文件的直方图、类别名字和类别值的列表、颜色表等。Continuous 图像的统计信息包括最小（大）值、平均值或中值、最频值和标准差等。

图像的统计信息在图像处理的很多方面都有应用，如在窗口中显示一个 8 位图像时，ERDAS 将默认使用一个 2 倍标准差拉伸来进行显示，而且显示的内容也是源于统计信息而非源信息。因此，统计信息是很多操作的基础。

计算图像统计值功能可以由以下两种方法启动：

方法一：在 ERDAS 图标面板菜单条，

（1）单击 Tools | Image Command Tool 命令。

（2）打开 Image Commands 对话框（图 2.35）。

（3）确定打开文件（Image File）。

（4）选中 Compute Statistics 复选框。

（5）单击 Compute Statistics 复选框右侧的 Options 按钮

（6）打开 Statistics Generation Options 对话框（图 2.36）。

方法二：在 ERDAS 图标面板菜单条，

（1）单击 Tools | Image Information 命令。

（2）打开 Image Infomation 对话框。

（3）确定打开文件（File Name）。

（4）选择菜单条的 Edit | Compute Statistics 命令。

（5）打开 Statistics Generation Options 对话框（图 2.36）。

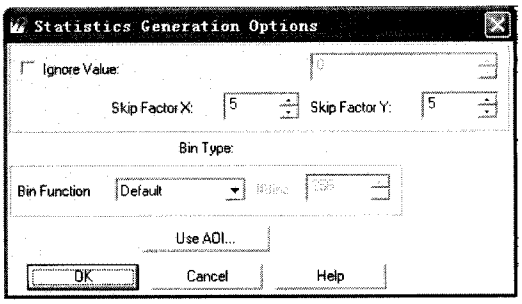


图 2.36　Statistics Generation Options 对话框

第一种方法调出的对话框将对图像中所有的层进行统计计算。第二种方法调出的对话框则可以选择是对所有层进行处理（选中 Calculate On All Layers 复选框）还是只对当前层进行统计计算（取消选中 Calculate On All Layers 复选框）。

对图 2.36 所示的对话框设置见表 2.7。

表 2.7　Statistics Generation Options 对话框设置项简介

设置项	设置项简介
Ignore Value 复选框	在默认的统计过程是忽略 0 值的，选中该复选框可以确定新的统计忽略值
Skip Factor X	计算统计值时在 X 方向上的跨越值。即统计不一定需要逐个对像元求进行，而且可以按固定间隔进行抽样统计
Skip Factor Y	计算统计值时在 Y 方向上的跨越值
Bin Function	Bin Function 可以称做分组函数，它用来将数据值的范围进行分组以便于更好地管理，也可以说它在数据值范围和描述表中的行之间建立了一种对应关系。ERDAS IMAGINE 中有 4 种类型的 BIN 函数 • Direct：一个整数值对应一个 BIN • Linear：在数据值和 BIN 号之间建立一种线性对应关系，使用该函数时要指定 BIN 的总数 • Log：在数据值和 BIN 号之间建立一种指数对应关系，使用该函数时要指定 BIN 的总数 • Explicit：显示函数关系 实际操作时的 Default 指上次计算统计时用的 BIN 函数类型

2.6.2.3 计算和去除图像金字塔层

显示大容量图像时要耗用较多的时间，为了加快速度，ERDAS IMAGINE 9.1 引入了 Pyramid Layer（金字塔层）的机制。金字塔层是原图层以 2 次幂进行重采样的结果。对专题图像的重采样方法为最小邻近法，对连续图像使用类似立方卷积的方法。金字塔层的数目与原图像的大小有关，图像越大，则金字塔层的数目越多，直到最后一个金字塔层可以存储于一个块（默认为 64×64 像元）中。金字塔层可以放在图像文件之中，这使图像文件尺寸大约增加原来的 1/3。金字塔层可以被删除，但文件尺寸不会变化。存在于图像文件内部的金字塔层也称做内金字塔层。与内金字塔层相对应的是外金字塔层，外金字塔层不写入图像文件中，而作为独立的文件，与图像文件存在于同一个目录，名字相同，扩展名为 .rrd（表示 reduced resolution data）。外金字塔层的产生不会影响原图像文件的大小。

计算图像金字塔层的功能可以由以下方法启动。

在 ERDAS 图标面板菜单条，

（1）单击 Tools | Image Command Tool 命令。

（2）打开 Image Commands 对话框（图 13.1）。

（3）确定打开文件（Image File）。

（4）选中 Compute Pyramid Layers 复选框。

（5）单击 Compute Pyramid Layers 复选框右侧的 Option 按钮。

（6）打开 Pyramid Layers Options 对话框（图 2.37）。

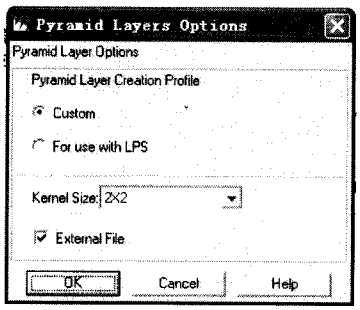


图 2.37 Pyramid Layers Options 对话框

Pyramid Layers Options 对话框有两个选项。Kernel Size 决定用 2×2（4 个像元合成一个像元）还是用 4×4（16 个像元合成一个像元）的方式进行金字塔层的产生；External File 复选框决定是否产生外金字塔层，选中该复选框表示生成外金字塔层，取消选中该复选框表示生成内金字塔。

删除图像金字塔（Delete Pyramid Layers）功能就是删除一个图像的金字塔层。如果是内金字塔层，则图像文件的尺寸并不发生变化。如果是外金字塔层，则是删除与图像文件存在于同一目录下的、同名的 .rrd 文件。

2.6.2.4 改变图像地图模式

用户对一幅图像进行几何校正后，可以通过改变图像地图模式（Change Map Model）功能将有关的地图信息加入到图像文件中去。地图模式包含地图的投影信息、地图左上角的坐标信息、像元栅格大小和单位等。要使用该功能，必须将已有地图投影与该图像相关联，即已经将数据校正到一个地图坐标系统中。本功能可以由以下方法启动。

在 ERDAS 图标面板菜单条，

（1）单击 Tools | Image Command Tool 命令。

（2）打开 Image Commands 对话框。

（3）确定打开文件（Image File）。

（4）选中 Change Map Model 复选框。

（5）单击 Change Map Model 复选框右侧的 Options 按钮。

（6）打开 Map Info Options 对话框（图 2.38）。

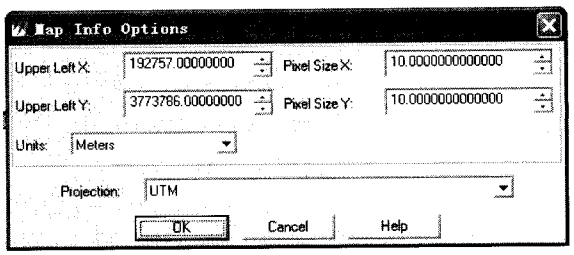


图 2.38　Map Info Options 对话框

Map Info Options 对话框的设置方法见表 2.8。

表 2.8　Map Info Options 对话框设置项简介

设置项	设置项的简介
Upper Left *X*	左上角像元中心点（请注意是中心点）的 *X* 坐标
Upper Left *Y*	左上角像元中心点（请注意是中心点）的 *Y* 坐标
Pixel Size *X*	像元在 *X* 方向上的尺寸
Pixel Size *Y*	像元在 *Y* 方向上的尺寸
Units	Pixel Size *X* 和 Pixel Size *Y* 的单位
Projection	选择校正后图像的投影方式

删除图像地图模式（Delete Map Model）功能，就是把已输入的图像基本地图信息删除，此时的图像将没有空间单位、没有地理参考。*X* 与 *Y* 方向上的像元尺寸为 1，左上角像元中心值为 0、0。右下角像元中心值由图像大小确定。

2.6.2.5　地图模式到世界文件

首先介绍一下世界文件（World File）。图像是以栅格模型存储的，每一个像元有一个行列号。Shape 文件和 ARC/INFO 图层是以世界坐标的形式存储的。为了将图层或者 Shape 文件与图像同时匹配显示，就有必要将图像坐标转换为现实世界的坐标。两者的转换通常采用如下的转换公式进行：

$$x = A \times \mathrm{col} + B \times \mathrm{row} + C$$

$$y = D \times \mathrm{col} + E \times \mathrm{row} + F$$

式中：row 和 col 分别对应图像的行值和列值；x 和 y 是现实世界的坐标；$A \sim F$ 为转换参数。世界文件就是用于存储这 6 个转换参数。

一些图像格式如 ERDAS（.lan、.gis）、IMAGINE（.img）、BSQ、BIL、BIP、

GeoTIFF（.tif、.tiff、.tff）和 grids 等在图像文件的文件头中存储有地理参考信息。一些软件（如 ArcView）可以用这个信息来显示图像，而其他一些图像格式是在另外一个单独的 ARCII 文件中存储这个信息，这个文件称做世界文件（World File）。

世界文件的名字与原文件相同，只是在最后加一个“w”。例如，mytown. tiff 的世界文件的名字为 mytown. tiffw，而 redlands. rlc 的世界文件名字为 redlands. rlcw。对必须遵守 ERDAS 命名规范的情况，图像文件扩展名的第一个和第三个字母加上一个“w”将组成其世界文件的扩展名，这样，mytown. tif 的世界文件名将为 mytown. tfw。对没有扩展名或者扩展名少于 3 位的图像，其世界文件的名字是将“w”直接加到文件名的最后。例如，文件 terrain 的世界文件名为 terrainw，而图像 fioorpln. rs 的世界文件名为 fioorpln. rsw。

每一次图像被显示（如放大、缩小或者漫游），都将进行由图像行列坐标到世界坐标的转换。转换过程将按以下优先顺序：世界文件、头文件中的转换信息和图像的行列信息。所以，世界文件具有最高的优先权，可以通过产生一个世界文件而越过头文件中的转换信息。

2.6.2.6 改变图像地图投影

改变图像地图投影（Change Map Projection）功能，是对校正过的图像的投影加入一个详细的说明，而不是对文件数据进行重新投影。在窗口中显示图像时会在下部状态栏看到该信息。

改变图像地图投影的功能可以由以下方式启动。

在 ERDAS 图标面板菜单条，

（1）单击 Tools | Image Command Tool 命令。

（2）打开 ImageCommands 对话框。

（3）确定打开文件（Image File）。

（4）选中 Change Map Projection 复选框。

（5）单击 Change Map Projection 的复选框右侧 Options 按钮

（6）打开 Map Projection Options 对话框（图 2.39）。

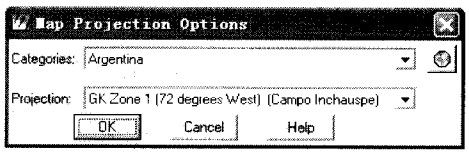


图 2.39 Map Projection Options 对话框

通过 Map Projection Options 对话框的 Categories 和 Projection 两个下拉框将分别选择投影种类和投影的名字。

2.6.2.7 删除图像地图投影

删除图像地图投影（Delete Map Projection）工具可将已输入的图像投影信息删除。

2.7 实例与练习：数据更新变换

2.7.1 背景

实际中获取的数据往往由于客观条件的限制与需求并不一致，如图幅范围、图像分辨率、地图投影信息等。当要获取指定要求的数据时，就要对数据源进行校正、拼接、裁剪、融合等处理操作，有时还需要进行相应的投影变换等。

2.7.2 目的

掌握 ERDAS IMAGINE 数据预处理工作，融会贯通各种预处理操作，利用现有数据制作适合于要求的数据。

2.7.3 数据

试验所用到的数据位于随书光盘（Chp2 \ Ex1）。

（1）两幅经过几何校正的 Landsat 7 可见光 7，5，1 波段合成影像（left. img，right. img）；一幅覆盖研究区的 Landsat 7 全色波段高分辨率影像（hpn. img）。

（2）研究区 AOI（main. aoi）。

2.7.4 要求

（1）研究区跨两幅彩色图像，需要将两幅图像进行拼接；

（2）利用 AOI 分别裁剪多光谱，获取要求覆盖范围的数据；

（3）执行融合操作，获取既具有高光谱特性又具有高分辨率的数据。具体操作流程如图 2.40 所示。

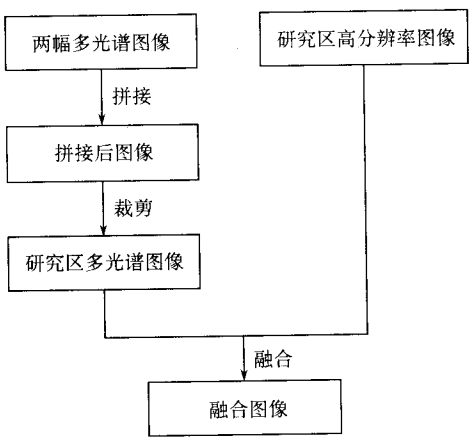


图 2.40 操作流程

2.7.5 实验步骤

(1) 图幅拼接。

① 启动拼接工具，并在 Mosaic Tool 工具条中，选择 Display Add Images Dialog 按钮，打开 Add Images 对话框。

② 加载拼接图像，选择…Chp2 \ Ex1 \ left. img 和…Chp2 \ Ex1 \ right. img，并在 Image Area Option 中选择计算活动区（Compute Active Area）按钮，单击 OK 按钮加载。

③ 图像色调调整，打开色彩校正（Color Corrections）对话框（图 2.22），选中 Use Histogram Matching 按钮，并单击 Set 按钮设置。

④ 选择匹配方法（Matching Method）为 Overlap Areas，直方图类型（Histogram Type）为 Band by Band。

⑤ 在 Mosaic Tool 工具条选择 Set Mode for Intersection 按钮，进入设置图像关系模式的状态。

⑥ 打开 Set Overlap Function 对话框（图 2.24），设置叠加方法为无剪切线，重叠区像元灰度计算为均值。

⑦ 在 Mosaic Tool 菜单条选择 Process | Run Mosaic 菜单，打开 Output File Name 窗口，输出文件名为 mosaic. img，选择 Output Options 标签，选中忽略统计输出值（Stats Ignore Value）复选框，单击 OK 按钮执行图像拼接。

(2) 利用 AOI 裁剪研究区。

① 在 ERDAS 图标面板菜单条选择 Main | Data Preparation | Subset Image 命令，打开 Subset 对话框。

② 在 Subset 对话框中，设置输入文件为…Chp2 \ Ex1 \ mosaic. img，输出文件为 multispec. img。

③ 选中输出统计忽略 0 值复选框（Ignore Zero in Output Stats）。

④ 单击 AOI 按钮，在弹出的 Choose AOI 对话框中选择 AOI file，并加载…Chp2 \ Ex1 \ main. aoi 作为裁剪范围。

⑤ 单击 OK 按钮执行裁剪。

(3) 图像融合。

① 在 ERDAS 图标面板菜单条，选择 Main | Image Interpreter | Spatial Enhancement | Resolution Merge 命令，打开 Resolution Merge 对话框。

② 确定高分辨率输入文件为（High Resolution File）…Chp2 \ Ex1 \ hpn. img，多光谱输入文件（Multispectral Input File）为…Chp2 \ Ex1 \ multispec. img，输出文件（Output File）为 merge. img。

③ 选择融合方法（Method）为主成分变换法（Principle Component），重采样方法（Resample Techniques）为 Bilinear Interpolation。

④ 输出数据选择（Output Options）为 Stretch Unsigned 8 bit，输出波段选择

(Layer Selection) 为 Select Layers 1：3。

⑤ 单击 OK 按钮，关闭 Resolution Merge 对话框，执行分辨率融合，得到最终需要的研究区图像融合数据。图 2.41 是执行分辨率融合前后影像的对比。左图为未经融合的多光谱图像，右图为融合后的图像。对比二者可以发现，融合后的图像既具有了多光谱特性同时也提高了分辨率，地物能够比较清晰的判别。

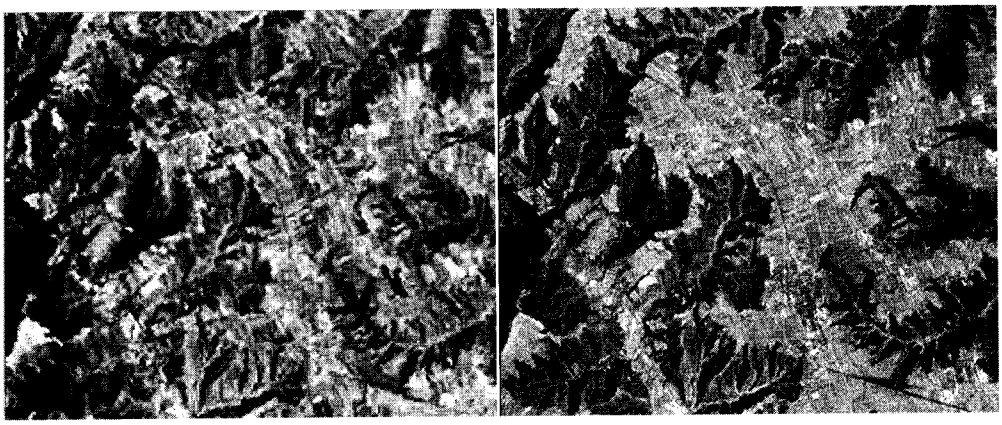


图 2.41　图像融合前后对比

需要说明的是，以上练习的目的是融汇利用各种操作来进行数据预处理，实际研究中，由于获取数据的多样性，可能并不需要如此多的步骤，或者操作的步骤并不与练习中一致，需要视实际情况而定。例如，若获取的数据很大，而研究区就覆盖其中很小的一部分，这时候就需要先对数据进行裁剪之后再进行拼接，以减少数据处理时间。根据数据进行不同的数据预处理策略获取我们需要的数据之后，就可以进行诸如图像增强、分类等工作。

第三章　图像增强

遥感图像在获取的过程中由于受到大气的散射、反射、折射或者天气等的影响，获得的图像难免会带有噪声或目视效果不好，如对比度不够、图像模糊；有时总体效果较好，但是所需要的信息不够突出，如线状地物或地物的边缘部分；或者，有些图像的波段较多，数据量较大，如 TM 影像，但各波段的信息量存在一定的相关性，为进一步的处理造成困难。针对上述问题，需要对图像进行增强处理。通过图像增强技术，改善图像质量，提高图像目视效果，突出所需要的信息、压缩图像的数据量，为进一步的图像判读做好准备。

图像增强的主要目的有：改变图像的灰度等级和灰度范围，提高图像的对比度；消除噪声平滑图像；突出地物边缘和线状地物，锐化图像；合成彩色图像；压缩图像数据量，突出主要信息等。

图像增强的方法主要可以分为空间域图像增强、频率域图像增强、彩色增强、多图像代数运算等。空间域图像增强是通过改变单个像元及相邻像元的灰度值来增强图像，主要包括点运算的空间增强和邻域运算的空间增强；频率域图像增强是对图像进行傅里叶变换，然后对变换后的频率域图像的频谱进行修改，达到增强的目的；彩色增强主要是通过将灰度图像变为彩色图像，或对多光谱图像进行彩色合成，或进行彩色变换以达到突出所需信息的目的；多图像代数运算是通过经空间配准的两幅或多幅单波段遥感图像进行一系列的代数运算，从而达到突出所需信息的目的。

本章依据图像增强方法的不同，依次划分为辐射增强、空间增强、频率增强、代数

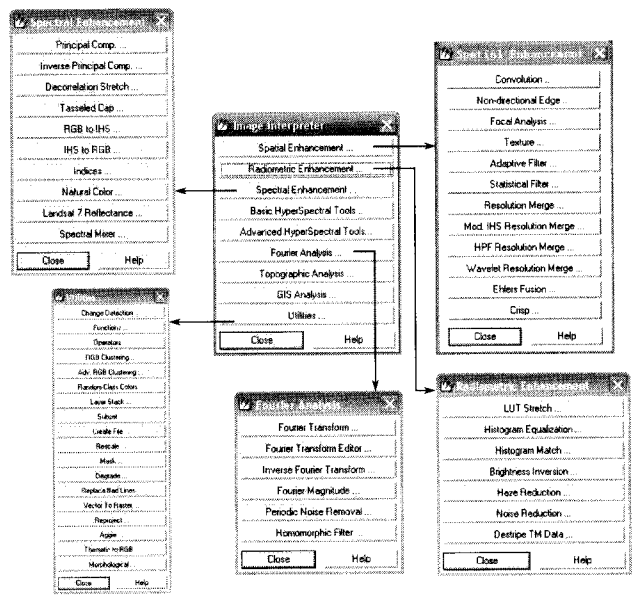


图 3.1　图像增强工具

运算、主成分变换、缨帽变换和色彩增强七个部分进行讲解。最后利用 ERDAS 提供的功能模块，进行操作演示，最后提供两个实例，以便读者参照学习。

本章介绍的图像增强的各个功能，分别在 Interpreter 图标下的 Radiometric Enhancement 、Spectral Enhancement、Fourier Analysis、Utilities 四个工具中，如图 3.1所示。

3.1 辐射增强

辐射增强是一种通过直接改变图像中的像元的灰度值来改变图像的对比度，从而改善图像视觉效果的图像处理方法。人的眼睛鉴别图像时能够分辨 20 级左右的灰度级，而显示设备显示灰度的动态范围要大得多。例如，计算机显示器能够显示 256 个灰度级，灰度值范围为 0～255。因此，辐射增强能够使一幅图像充分利用成像设备，达到最佳动态范围，改善目视效果。一般来说，原始遥感数据的灰度值范围比较窄，这个范围通常比显示器的显示范围小得多。增强处理可以将其灰度范围拉伸到 0～255 的灰度级之间来显示，从而使图像对比度提高，视觉效果得以改善。辐射增强主要以图像的灰度直方图作为分析处理的基础。

ERDAS 提供以下几种辐射增强功能：①查找表拉伸；②直方图均衡化；③直方图匹配；④亮度反转；⑤去霾处理；⑥降噪处理；⑦去条带处理等。

3.1.1 查找表拉伸

查找表拉伸（LUT Stretch）是遥感图像对比度拉伸的总和，是通过修改图像查找表（Look up Table）使图像像元值发生变化。可以根据对查找表的定义实现线性拉伸、分段线性拉伸和非线性拉伸等处理。菜单中的查找表拉伸功能是由空间模型（LUT _ stretch. gmd）支持运行的，可以根据自己的需要随时修改查找表（在 LUT _ stretch 对话框中单击 View 按钮进入模型生成器窗口，双击查找表进入编辑状态）。如图 3.2 所示的查找表中，Row 字段为查找灰度值，Custom 字段为对应的拉伸系数，查找表的工作原理就是按照公式 LOOKUP（$n3 _ mobbay（4），$n4 _ Custom _ Table）* 255.0 进行的，先利用 LOOKUP 函数查找出当前灰度值对应的系数（例如，对于 Red 波段灰度值为 10 的像元对应的系数为 0.266667），然后用此系数乘以整个拉伸宽度（即：0.266667 * 255），将结果作为拉伸后的新像元值，从而实现遥感图像的查找表拉伸。

在 ERDAS 菜单上选择 Main | Image Interpreter | Radiometric Enhancement | LUT Stretch 命令，打开 LUT Stretch 对话框（图 3.3）。

在 LUT Stretch 对话框中进行设置，如图 3.3 所示。

（1）选择处理图像文件（Input File）为输入文件 C：\ Program Files \ Leica Geosystems \ Geospatial Imaging 9.1 \ examples \ mobbay. img。

（2）设置输出图像文件（Output File）为 Chp3 \ Tutor \ lut _ stretch. img。

（3）Coordinate Type 为 Map。

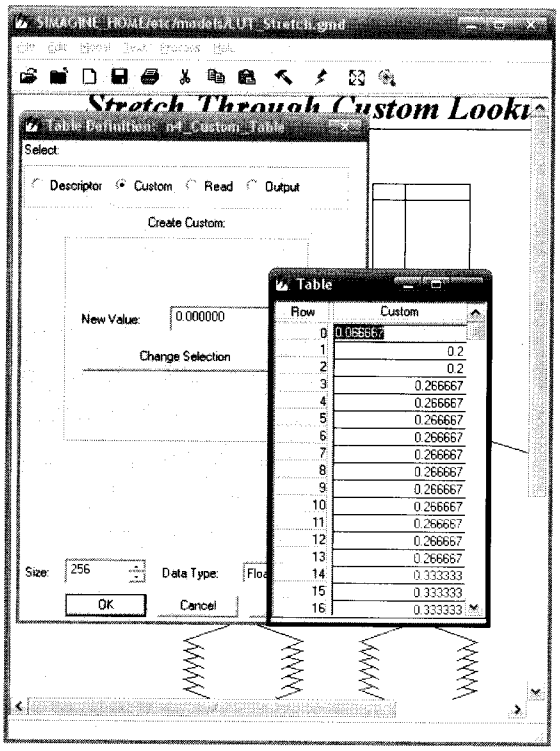


图 3.2　查找表对话框

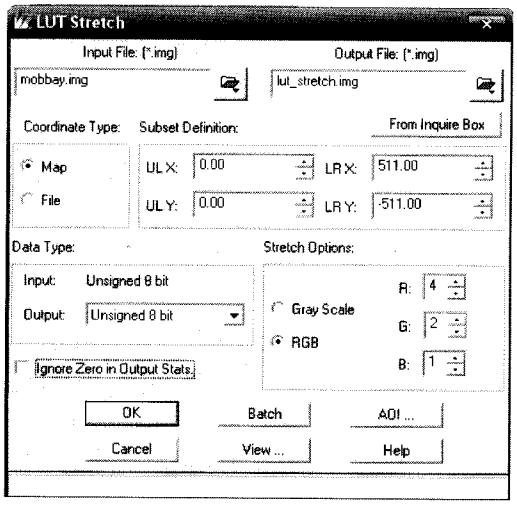


图 3.3　LUT Stretch 对话框

（4）Subset Definition 为处理的范围，在 ULX/Y、LRX/Y 微调框中输入数值（默认为整个图像的范围，也可以用 Inquire Box 设定处理范围）。

（5）定义输出数据类型（Output Data Definition）为 Unsigned 8 bit。

(6) Stretch Option 为拉伸选项（RGB 表示多波段图像，红绿蓝三个波段；Gray 表示单波段图像），这里选 RGB。

(7) 选中 Ignore Zero in Stats 复选框，表示在输出数据统计时忽略 0 像元值。

(8) 点击 View 按钮可以打开模型生成器窗口，浏览 Equalization 的空间模型，在里面可以修改查找表。

(9) 点击 Batch 按钮可以进行批处理，具体可以参照第 11 章的介绍（以下同）。

(10) 当要拉伸的区域不是整幅图像时，可以适用 AOI 按钮来确定需要拉伸的区域。如果在 View 窗口中已经设置了区域，则以此区域作为处理感兴趣区域进行处理，也可导入一个区域文件作为处理区域。

(11) 单击 OK 按钮，进行查找表拉伸（LUT Stretch）处理，结果见图 3.4。

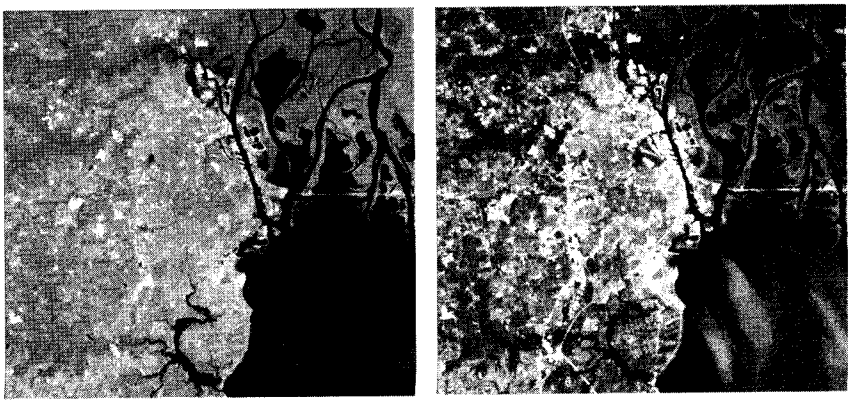


图 3.4 LUT Stretch 拉伸结果（左图为拉伸处理前图像，右图为拉伸处理后图像）

3.1.2 直方图均衡化

直方图均衡化（Histogram Equalization）实质上是对图像进行非线性拉伸，重新分配像元值，使一定灰度范围内像元的数量大致相等，原图像上频率小的灰度级被合并，频率高的被拉伸，因此可以使亮度集中的图像得到改善，增强图像上大面积地物与周围地物的反差。直方图均衡化的本质就是将直方图不符合正态分布的原始图像经过一个转换函数变成直方图基本符合正态分布的新图像，从而达到图像增强的目的。

对一个波段的图像进行直方图均衡化的具体步骤如下：

(1) 统计原图像每一灰度级的像素数和累积像素数。

(2) 计算每一灰度级 x_a 均衡化后对应的新值，并对其四舍五入取整，得到新灰度级 x_b。

(3) 以新值替代原灰度值，形成均衡化后的新图像。

(4) 根据原图像像素统计值对应找到新图像像素统计值，做出新直方图。

图像进行直方图均衡化处理的计算具体过程见表 3.1，其中 $N=49$，$L-1=16$，因此拉伸因子为 $(L-1)/N=16/49$。直方图均衡化后的直方图见图 3.5。

表 3.1　直方图均衡化计算实例

原灰度级 x_a	像素数 $h_a(x_a)$	累积像素统计值 $\sum_{j=0}^{k} h_a(x_a^j)$	变换后值 $\frac{L-1}{N}\sum_{j=0}^{k} h_a(x_a^j)$	新灰度级 x_b	新像素数 $h_b(x_b)$
0	0	0	0	0	0
1	2	2	0.6	1	4
2	2	4	1.3	1	
3	1	5	1.6	2	1
4	3	8	2.6	3	3
5	2	12	3.9	4	2
6	3	15	4.9	5	3
7	4	19	6.2	6	4
8	6	25	8.2	8	6
9	5	30	9.8	10	5
10	5	33	10.8	11	5
11	4	37	12.1	12	4
12	3	40	13.1	13	3
13	3	43	14.0	14	3
14	2	45	14.7	15	4
15	2	47	15.3	15	
16	2	49	16	16	2

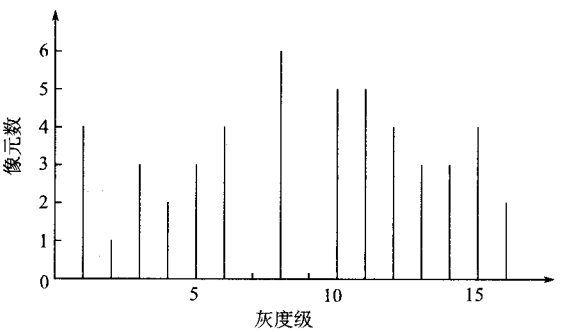


图 3.5　均衡化后直方图

直方图均衡化后的每个灰度级的像素频率理论上应相等，其直方图顶部形态应为理想的直线。但实际上均衡化后的直方图并非如此。这是由于图像是离散函数，各灰度级的像素个数有限，在一些灰度级处可能没有像素，在另外一些灰度级处则像素很多，所以，不会产生理想的直线形态。

总体上，直方图均衡化的特点是：

（1）各灰度级中像素出现的频率近似相等。

(2) 原图像上像素出现频率小的灰度级被合并，实现压缩；像素出现频率高的灰度级被拉伸，突出了细节信息。

需要注意的是，直方图均衡化在增加图像反差的同时，也增加了图像的颗粒感，会使人感觉到图像中有许多细小的颗粒。

在 ERDAS 菜单上选择 Main | Image Interpreter | Radiometric Enhancement | Histogram Equalization 命令，打开 Histogram Equalization 对话框（图 3.6）。

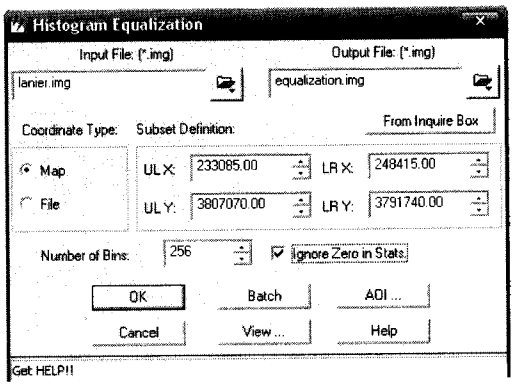


图 3.6 Histogram Equalization 对话框

在 Histogram Equalization 对话框中进行如下设置：

(1) 选择处理图像文件为输入文件（Input File）：C：\ Program Files \ Leica Geosystems \ Geospatial Imaging 9.1 \ examples \ lanier. img。

(2) 设置输出文件（Output File）为… \ Chp3 \ Tutor \ equalization. img。

(3) Coordinate Type 为 Map。

(4) Subset Definition 为处理的范围，在 UL *X*/*Y*、LR *X*/*Y* 微调框中输入需要的数值（默认为整个图像的范围，也可以用 Inquire Box 设定处理范围）。

(5) Number of Bins 表示输出数据分段（默认为 256，可以小一些）。

(6) 选中 Ignore Zero in Stats 复选框表示在输出数据统计时忽略 0 值。

(7) 点击 View 按钮可以打开模型生成器的窗口，浏览 Equalization 的空间模型。

(8) 单击 OK 按钮，进行直方图均衡化（Histogram Equalization）处理，结果如图 3.7 所示。可以在 Viewer 窗口的 Utility | Layer Infor 里面查看它们的直方图，可以看到一定灰度范围内的像元数量已经大致相等了。

3.1.3 直方图匹配

直方图匹配（Histogram Match）是对图像查找表进行数学变换，使一幅图像某个波段的直方图与另一副图像对应波段类似，或使一幅图像所有波段的直方图与另一副图像的所有对应波段类似。直方图匹配经常作为相邻图像拼接或应用多时相遥感图像进行动态变化研究的预处理工作，通过直方图匹配可以部分消除由于太阳高度角或大气影响造成的相邻图像的效果差异。

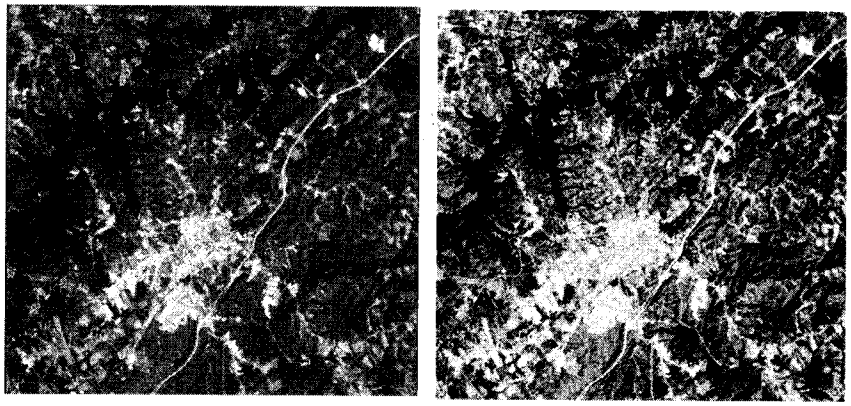


图 3.7　Histogram Equalization 处理结果（左图为处理前，右图为处理后）

直方图匹配的原理是对两个直方图都做均衡化，变成归一化的均匀直方图。以此均匀直方图做中介，再对参考图像做均衡化的逆运算即可。

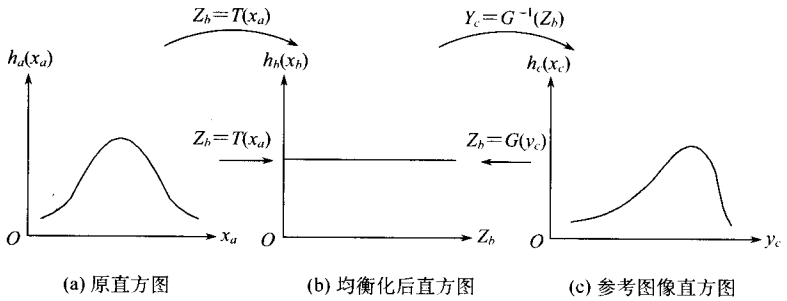
如图 3.8 所示，设 x_a 表示原图像的灰度值，$h_a(x_a)$ 为原图像中任一灰度出现的概率，$T(x_a)$ 为原图像直方图均衡化的转换函数，$G(y_c)$ 为参考图像直方图均衡化的转换函数，变换后的灰度值均为 Z_b，由上述可知，

$$Z_b = G(y_c) = \sum_{j=0}^{k} h_a(y_c^j) \tag{3.1}$$

$$Z_b = T(x_a) = \sum_{j=0}^{k} h_a(x_a^j) \tag{3.2}$$

所以

$$y_c = G^{-1}(Z_b) = G^{-1}[T(x_a)] \tag{3.3}$$



(a) 原直方图　　(b) 均衡化后直方图　　(c) 参考图像直方图

图 3.8　直方图匹配

这里，均衡化的转换函数均采用归一化的形式，即拉伸因子为 1，此时设 $N=1$，$L-1=1$，其他值相应变为小数或分数。因此，均衡化的转换函数即为该图像的累积直方图本身。

直方图匹配的具体实现步骤如下：

（1）做出原图像的直方图。

(2) 做出原图像的累积直方图 $Z_b=T(x_a)$，对原图像进行均衡化变换。

(3) 做出参考图像的直方图或确定参考直方图。

(4) 做出参考累积直方图 $Z_b=G(y_c)$，进行均衡化变换。

(5) 对于原图像中的每一灰度级 x_a 的累积值 Z_b，在参考累积直方图中找到对应的累积值 $G(y_c)$；如果 G 为数学公式可直接计算求值，则得到对应的新灰度值 y_c。

(6) 以新值 y_c 替代原灰度值 x_a，形成均衡化后的新图像。

(7) 根据原图像像素统计值对应找到新图像像素统计值，做出新直方图。

在 ERDAS 菜单上选择 Main | Image Interpreter | Radiometric Enhancement | Histogram Matching 命令，打开 Histogram Matching 对话框（图 3.9）。

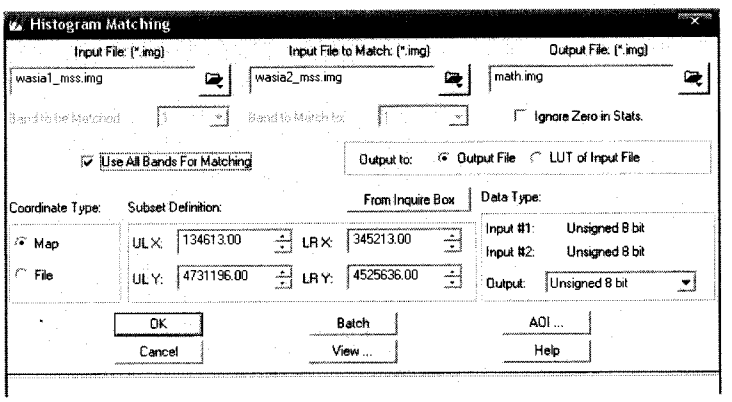


图 3.9 Histogram Matching 对话框

在 Histogram Match 对话框中进行如下设置：

(1) 选择处理图像文件（Input File）为匹配文件 C：\ Program Files \ Leica Geosystems \ Geospatial Imaging 9.1 \ examples \ wasia1 _ mss. img。

(2) 选择输入匹配文件（Input File to Match）为 C：\ Program Files \ Leica Geosystems \ Geospatial Imaging 9.1 \ examples \ wasia2 _ mss. img。

(3) 设置输出文件（Output File）为…\ Chp3 \ Tutor \ match. img。

(4) Band to be matched 为需要匹配的波段。

(5) Band to match to 为匹配参考波段，也可以选择所有波段（Use All Bands For Matching 复选框），此处选的所有波段。

(6) Coordinate Type 为 Map。

(7) Subset Definition 为处理的范围，在 UL X/Y、LR X/Y 微调框中输入需要的数值（默认为整个图像的范围，也可以用 Inquire Box 设定处理范围）。

(8) 选中 Ignore Zero in Stats 复选框表示在输出数据统计时忽略 0 值。

(9) 点击 View 按钮可以打开模型生成器的窗口，浏览 Equalization 的空间模型。

(10) 单击 OK 按钮，进行直方图匹配（Histogram Match）处理，结果见图 3.10。

(2) 做出原图像的累积直方图 $Z_b=T(x_a)$，对原图像进行均衡化变换。

(3) 做出参考图像的直方图或确定参考直方图。

(4) 做出参考累积直方图 $Z_b=G(y_c)$，进行均衡化变换。

(5) 对于原图像中的每一灰度级 x_a 的累积值 Z_b，在参考累积直方图中找到对应的累积值 $G(y_c)$；如果 G 为数学公式可直接计算求值，则得到对应的新灰度值 y_c。

(6) 以新值 y_c 替代原灰度值 x_a，形成均衡化后的新图像。

(7) 根据原图像像素统计值对应找到新图像像素统计值，做出新直方图。

在 ERDAS 菜单上选择 Main | Image Interpreter | Radiometric Enhancement | Histogram Matching 命令，打开 Histogram Matching 对话框（图 3.9）。

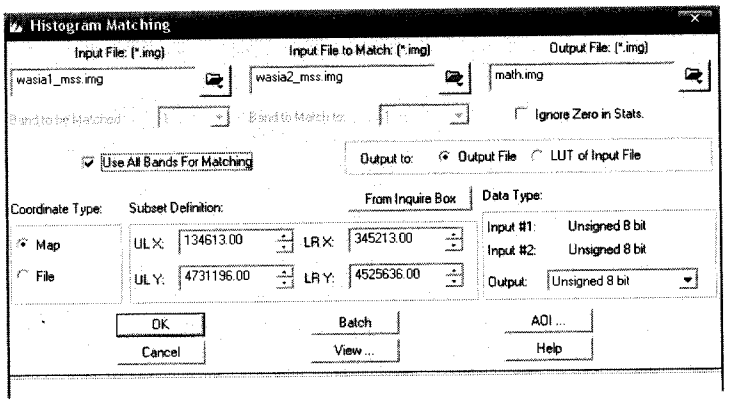


图 3.9 Histogram Matching 对话框

在 Histogram Match 对话框中进行如下设置：

(1) 选择处理图像文件（Input File）为匹配文件 C：\Program Files\Leica Geosystems\Geospatial Imaging 9.1\examples\wasia1_mss.img。

(2) 选择输入匹配文件（Input File to Match）为 C：\Program Files\Leica Geosystems\Geospatial Imaging 9.1\examples\wasia2_mss.img。

(3) 设置输出文件（Output File）为…\Chp3\Tutor\match.img。

(4) Band to be matched 为需要匹配的波段。

(5) Band to match to 为匹配参考波段，也可以选择所有波段（Use All Bands For Matching 复选框），此处选的所有波段。

(6) Coordinate Type 为 Map。

(7) Subset Definition 为处理的范围，在 UL X/Y、LR X/Y 微调框中输入需要的数值（默认为整个图像的范围，也可以用 Inquire Box 设定处理范围）。

(8) 选中 Ignore Zero in Stats 复选框表示在输出数据统计时忽略 0 值。

(9) 点击 View 按钮可以打开模型生成器的窗口，浏览 Equalization 的空间模型。

(10) 单击 OK 按钮，进行直方图匹配（Histogram Match）处理，结果见图 3.10。

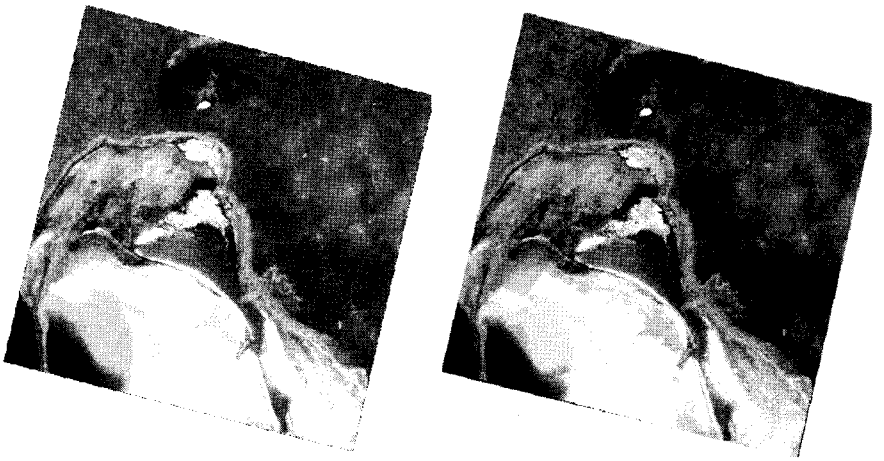


图 3.10　Histogram Match 处理结果（左图为处理前，右图为处理后）

3.1.4　亮度反转

亮度反转（Brightness Inverse）是对图像亮度范围进行线性或非线性取反，产生一幅与输入图像亮度相反的图像，原来亮的地方变暗，原来暗的地方变亮，它是线性拉伸的特殊情况。通过反转可以像建立底片的效果。例如，扫描一张底片，需要对底片处理时，就可以用亮度反转来处理。其关系可用整幅图像的最大值——图像值表示。

亮度反转又包含两个反转算法：一个是条件反转（Inverse），另一个是简单反转（Reverse），前者强调输入图像中亮度较暗的部分，后者则简单取反，同等对待。

在 ERDAS 菜单上选择 Main | Image Interpreter | Radiometric Enhancement | Brightness Inversion 命令，打开 Brightness Inversion 对话框（图 3.11）。

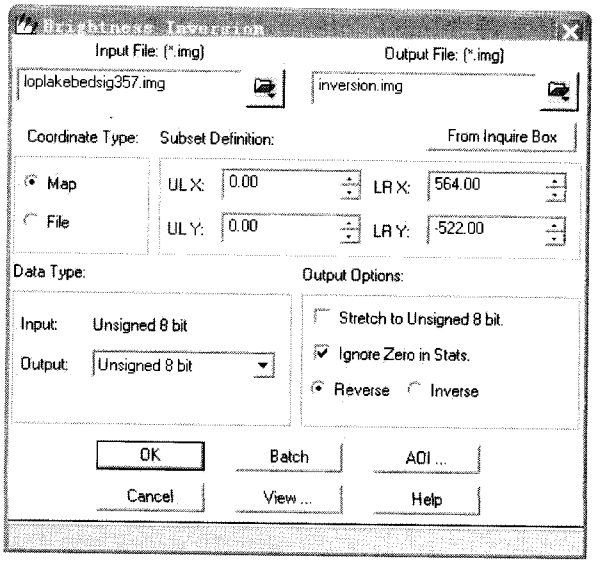


图 3.11　Brightness Inversion 对话框

在 Brightness Inversion 对话框中进行如下设置：

（1）选择处理图像文件（Input File）为 C:\Program Files\Leica Geosystems\Geospatial Imaging 9.1\examples\loplakebedsig357.img。

（2）设置输出文件（Output File）为…\Chp3\Tutor\inversion.img。

（3）Coordinate Type 为 Map。

（4）Subset Definition 为处理的范围，在 UL *X*/*Y*、LR *X*/*Y* 微调框中输入需要的数值（默认为整个图像的范围，也可以用 Inquire Box 设定处理范围）。

（5）输出数据类型（Output Data Type）为 Unsigned 8 bit。

（6）选中 Ignore Zero in Stats 复选框表示在输出数据统计时忽略 0 值。

（7）输出选项（Output Option）中的 Inverse 表示条件反转，条件判断，强调输出图像中亮度较暗的部分；Reverse 表示简单反转，简单取反，输出图像与输入图像等量相反。这里选前者。

（8）点击 View 按钮可以打开模型生成器的窗口，浏览 Equalization 的空间模型。

（9）单击 OK 按钮，进行亮度反转（Brightness Inverse）处理，结果见图 3.12，可以看出，图像发生了反转。

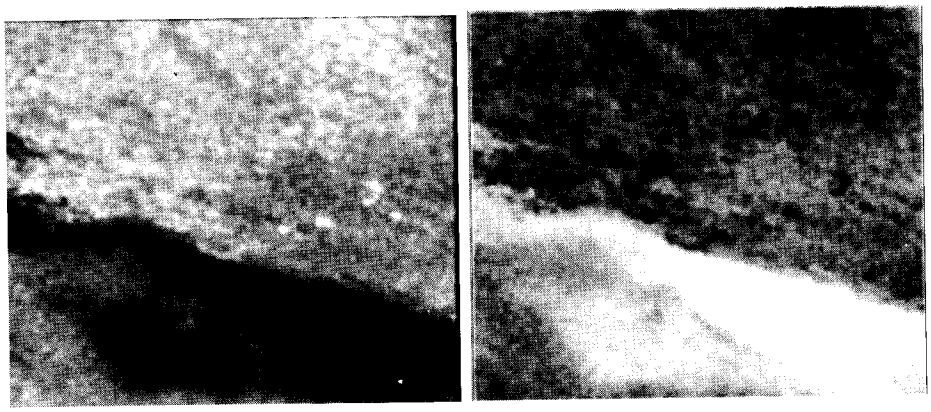


图 3.12 Brightness Inversion 处理结果（左图为反转前，右图为反转后）

3.1.5 去霾处理

去霾处理（Haze Reduction）的目的是降低多波段图像（Landsat TM）或全色图像的模糊度。对于多波段图像，该方法的实质是基于缨帽变换方法（Tasseled Cap Transformation），首先对图像进行主成分变换，找出与模糊度相关的成分并剔除，然后再进行主成分逆变换回到 RGB 彩色空间，达到去霾的目的。对于全彩色图像，该方法采用点扩展卷积反转（Inverse Point Spread Convolution）进行处理，并根据情况选择 5×5 或 3×3 的卷积算子分别用于高频模糊度（High-haze）或低频模糊度（Low-haze）的去除。

在 ERDAS 菜单上选择 Main | Image Interpreter | Radiometric Enhancement | Haze Reduction 命令，打开 Haze Reduction 对话框（图 3.13）。

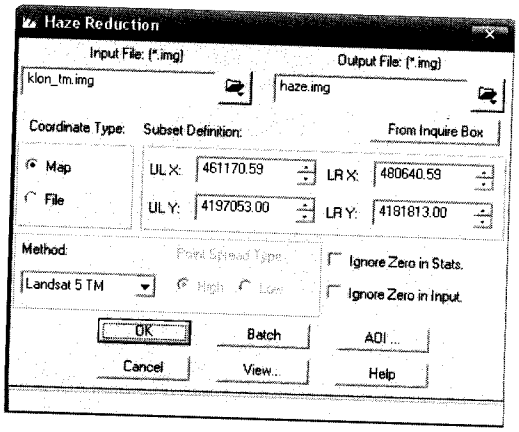


图 3.13　Haze Reduction 对话框

在 Haze Reduction 对话框中进行如下设置：

（1）选择处理图像文件（Input File）为 C：\ Program Files \ Leica Geosystems \ Geospatial Imaging 9.1 \ examples \ Klon _ tm. img。

（2）设置输出文件（Output File）为…\ Chp3 \ Tutor \ haze. img。

（3）Coordinate Type 为 Map。

（4）Subset Definition 为处理的范围，在 UL *X*/*Y*、LR *X*/*Y* 微调框中输入需要的数值（默认为整个图像的范围，也可以用 Inquire Box 设定处理范围）。

（5）处理方法有 Point Spread、Landsat5 和 Landsat4（Point Spread 适合任何数据类型，其选项有 High 和 Low 两种。其中，选 High 是采用 5×5 卷积，选 Low 采用3×3 卷积；Landsat5 和 Landsat4 表示适用于数据源），这里选 Landsat5。

（6）选中 Ignore Zero in Stats 复选框和 Ignore Zero in Input 复选框表示在输出数据统计和输入数据中时是否忽略 0 值。

（7）单击 OK 按钮，进行去霾处理（Haze Reduction），结果见图 3.14。可以明显看出，处理后的图像要比处理前的清晰得多。

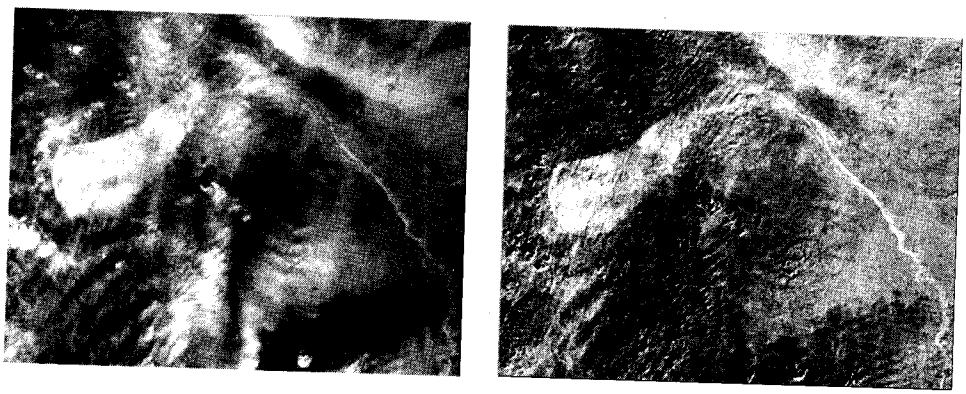


图 3.14　Haze Reduction 处理结果（左图为处理前，右图为处理后）

3.1.6　降噪处理

降噪处理（Noise Reduction）是利用自适应滤波方法去除图像中的噪声，该技术在沿着边缘或平坦区域去除噪声的同时可以很好地保持图像中一些微小的细节（Subtle Detail）。

在 ERDAS 菜单上选择 Main | Image Interpreter | Radiometric Enhancement |

Noise Reduction 命令，打开 Noise Reduction 对话框（图 3.15）。

在 Noise Reduction 对话框中进行如下设置：

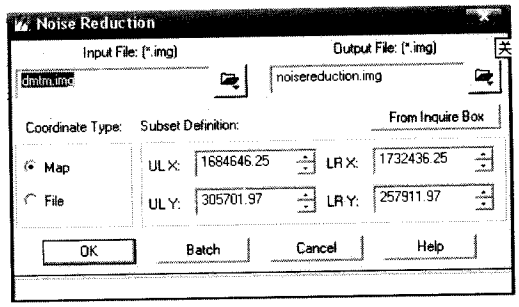


图 3.15　Noise Reduction 对话框

（1）选择处理图像文件（Input File）为 C：\ Program Files \ Leica Geosystems \ Geospatial Imaging 9.1 \ examples \ dmtm. img。

（2）设置输出文件（Output File）为…\ Chp3 \ Tutor \ noisereduction. img。

（3）Coordinate Type 为 Map。

（4）Subset Definition 为处理的范围，在 UL X/Y、LR X/Y 微调框中输入需要的数值（默认为整个图像的范围，也可以用 Inquire Box 设定处理范围）。

（5）单击 OK 按钮进行降噪处理（Noise Reduction）。

3.1.7　去条带处理

去条带处理（Destripe TM Data）是针对 Landsat TM 的图像特点对其原始数据进行 3 次卷积，以达到去除扫描条带的目的。在操作过程中，只有一个关于边缘处理的选择项需要用户定义，其中的两项分别是 Reflection（反射）和 Fill（填充），前者是应用图像边缘灰度值的镜面反射值作为图像边缘以外的像元值，这样可以避免出现晕光（Halo）；后者则是统一将图像边缘以外的像元以 0 值填充，呈黑色背景。

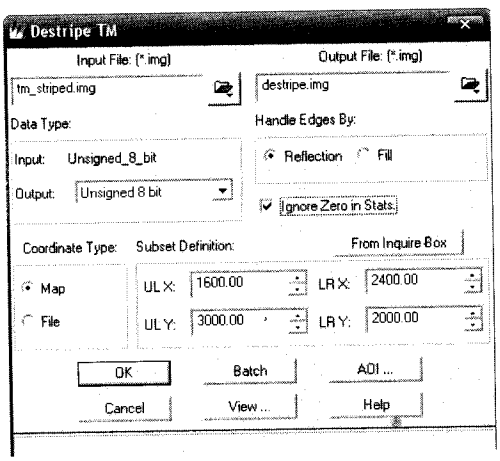


图 3.16　Destripe TM 对话框

在 ERDAS 菜单上选择 Main | Image Interpreter | Radiometric Enhancement | Destripe TM Data 命令，打开 Destripe TM 对话框（图 3.16）。

在 Destripe TM 对话框中进行如下设置：

（1）选择处理图像文件（Input File）为 C：\ Program Files \ Leica Geosystems \ Geospatial Imaging 9.1 \ examples \ tm _ striped. img。

（2）设置输出文件（Output File）为…\ Chp3 \ Tutor \ destripe. img。

（3）Coordinate Type 为 Map。

（4）Subset Definition 为处理的范围，在 UL X/Y、LR X/Y 微调框中输入需要的数值（默认为整个图像的范围，也可以用 Inquire Box 设定处理范围）。

（5）Output Data Definition 为输出数据类型 Unsigned 8 bit。

（6）Handle Edges By 为边界处理方式，选 Reflection。

（7）选中 Ignore Zero in Stats 复选框表示在输出数据统计时忽略 0 值。

(8) 单击 OK 按钮，进行去条带处理，结果见图 3.17，可以明显看出，处理后的图像横向条带基本去除。

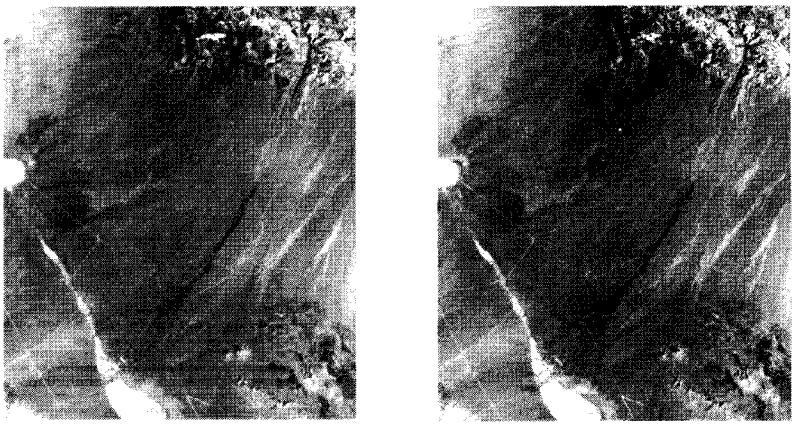


图 3.17 Destripe TM Data 处理结果（左图为处理前，右图为处理后）

3.2 空间域增强

辐射增强主要是通过单个的运算在整体上改善图像的质量，而空间域增强则是有目的的突出图像上的某些特征，如突出边缘或线状地物；也可以去除某些特征，如抑制在图像获取或传输过程中产生的各种噪声。空间域增强的目的性很强，处理后的图像从整体上可能与原图像差异很大，但却突出了需要的信息或者抑制了不需要的信息，从而达到增强的目的。空间增强的方法强调了像元与其周围相邻像元的关系，采用空间域中邻域处理的方法，在被处理像元周围的像元的参与下进行运算处理，这种方法也叫“空间滤波”。

ERDAS 提供以下几种空间增强功能：①卷积增强；②锐化增强；③非定向边缘检测；④聚焦分析；⑤纹理分析；⑥自适应滤波；⑦统计滤波。

3.2.1 卷积增强

卷积增强（Convolution）是通过卷积运算来改变图像的空间频率特征。卷积运算是在空间域上对图像进行邻域检测的运算。选定一个卷积函数，又称为“模板”，实际上是一个 $M\times N$ 的小图像，如 3×3、5×7、7×7 等。图像的卷积运算是运用模板来实现的。

模板运算方法如图 3.18（a）所示，选定运算模板 $f(m, n)$，其大小为 $M\times N$。从图像的左上角开始，在图像上开一个与模板同样大小的活动窗口 $f(m, n)$，使图像窗口与模板像元的灰度值对应相乘再相加。计算结果 $g(i, j)$ 作为窗口中心像元的新的灰度值。模板运算的公式为

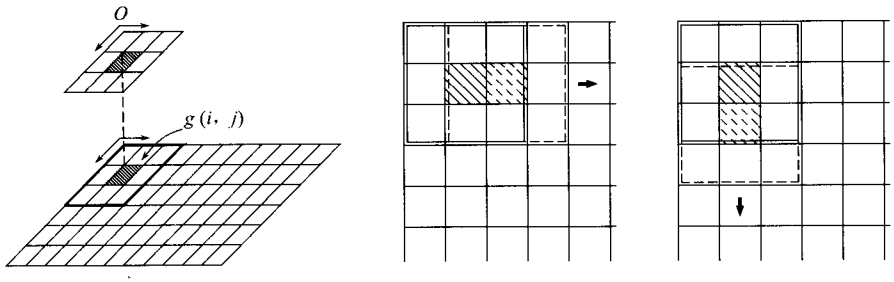
$$g(i,j)=\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N}f(m,n)\phi(m,n) \tag{3.4}$$

然后沿同一行将模板向右移动一列，图像上的窗口也对应移动，按式（3.4）计算并把结果作为新窗口中心像元的新的灰度值。以此类推，逐列逐行将全幅图像扫描一遍，产生新的图像。

在实际应用中，经常使图像窗口与模板像元的灰度值对应相乘再相加，相加的总和再除以模板内所有值的和作为中心像元新的灰度值。模板运算的公式为

$$g(i,j)=\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N}f(m,n)\phi(m,n)/\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N}f(m,n) \tag{3.5}$$

若模板内的和为0，则除以1。



(a) 模板与图像上对应窗口　　(b) 逐行逐列扫描

图 3.18　模板运算

从图 3.18（a）可以看出，模板的大小为3×3，从图像的左上角开始运算时，中心像元位于第二行第二列，则第一行第一列的像元无法进行模板计算；模板移动到右侧及下侧时也会出现同样的情况。因此，新图像比原图像左右各少一列，上下各少一行；若模板为5×5，则各少两行两列，以此类推。为了保持图像大小不变，可在新图像的上、下、左、右各加一行或一列，使所加像元的值与相邻像元相同或全部为0。由于新的灰度值位于窗口的中心，所以模板的大小 $M\times N$ 一般取奇数，而且常常 $M=N$。

卷积运算主要用于对图像进行平滑和锐化处理。卷积处理的关键是卷积算子的选择，也就是卷积核（Kernal）的选择。ERDAS IMAGINE 9.1 提供了多种卷积算子，这些卷积算子放在一个名为 default. klb 的文件中，分为3×3、5×5 和7×7 三组，每组又包括边缘检测（Edge Detect）、边缘增强（Edge Enhance）、低通滤波（Low Pass）、高通滤波（High Pass）、水平检测（Horizontal）、垂直检测（Vertical）和交叉检测（Summary）等多种不同的处理方式。其中，低通滤波起平滑的作用，其他都起锐化作用，可以突出边界和线状地物。当然也可以根据需要自己定义算子。具体操作步骤如下：

在 ERDAS 菜单上选择 Main | Image Interpreter | Spatial Enhancement | Convolution 命令，打开 Convolution 对话框（图 3.19）。

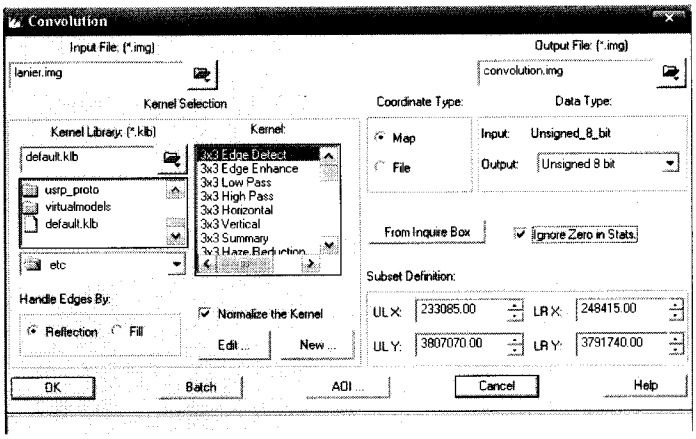


图 3.19　Convolution 对话框

在打开 Convolution 对话框中进行如下设置：

（1）选择处理图像文件（Input File）为 C：\ Program Files \ Leica Geosystems \ Geospatial Imaging 9.1 \ examples \ lanier.img。

（2）设置输出文件（Output File）为… \ Chp3 \ Tutor \ convolution.img。

（3）Kernel 列表框为卷积算子类型，这里采用 Kernel Library 下 default.klb 中的 3×3Edge Detect。

（4）Handle Edges by 为边缘处理方法，这里选 Reflection。

（5）卷积归一化处理，选中 Normalize the Kernel 复选框。

（6）Coordinate Type 为 Map。

（7）输出数据类型（Output Data Type）为 Unsigned 8 bit。

（8）单击 OK 按钮，执行卷积（Convolution）处理，结果见图 3.20，检测后的结果突出了边缘信息。

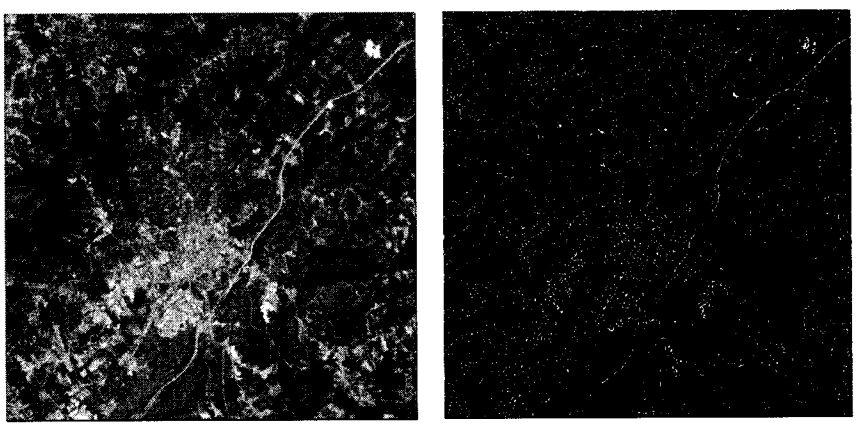


图 3.20　Convolution 处理结果（左图为处理前，右图为处理后）

3.2.2 锐化增强

锐化增强（Crisp Enhancement）实质是通过对图像进行卷积滤波处理，使整幅图像的亮度得到增强而不改变其专题内容，从而达到图像增强的目的。根据其处理过程可以分为两种方法：一是根据定义的矩阵直接对图像进行处理；二是首先对图像进行主成分变换，并对第一主成分进行卷积滤波，然后再进行主成分逆变换。锐化增强完全可以通过在卷积增强（Convolution）里面定义相同的算子来实现。

在ERDAS菜单上选择 Main | Image Interpreter | Spatial Enhancement | Crisp 命令，打开 Crisp 对话框（图 3.21）。

在 Crisp 对话框中进行如下设置：

（1）选择处理图像文件（Input File）为C:\Program Files\Leica Geosystems\Geospatial Imaging 9.1\examples\panatlanta.img。

（2）设置输出文件（Output File）为…\Chp3\Tutor\crisp.img。

（3）Coordinate Type 为 Map。

（4）Subset Definition 为处理的范围，在 UL X/Y、LR X/Y 微调框中输入需要的数值（默认为整个图像的范围，也可以用 Inquire Box 设定处理范围）。

（5）输出数据类型（Output Data Type）为 Unsigned 8 bit。

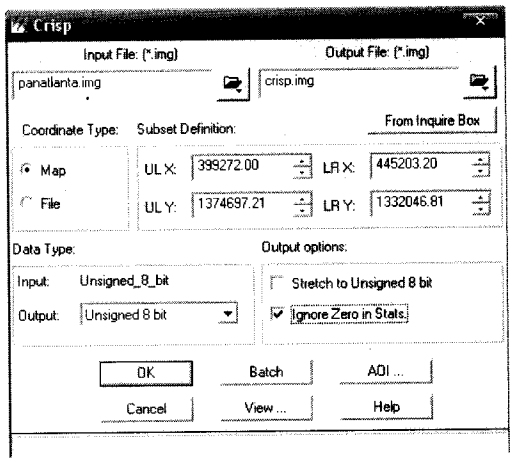


图 3.21 Crisp 对话框

（6）选中 Ignore Zero in Stats 复选框表示在输出数据统计时忽略 0 值。

（7）单击 OK 按钮，执行 Crisp 锐化增强处理，结果见图 3.22。

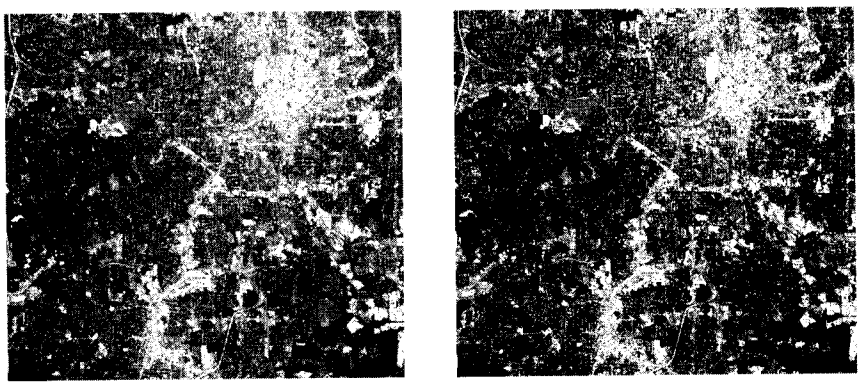


图 3.22 Crisp 处理结果（左图为处理前，右图为处理后）

3.2.3 非定向边缘检测

非定向边缘检测（Non-directional Edge）是卷积增强的一个应用，其目的是突出边缘、轮廓、线状目标信息，起到锐化的效果。它使用两个常用的滤波器（Sobel 和 Previtt），首先通过水平检测算子（Horizontal）和垂直检测算子（Vertical）进行检测，然后将两个检测结果进行平均化处理，非定向边缘检测的操作非常简单，关键是滤波器的选择。Sobel 滤波器是在 Previtt 滤波器的基础上对 4-邻域采用加权方法进行差分，因而对边缘的检测更加精确。非定向边缘检测完全可以在上节的卷积增强（Convolution）里面自定义 Sobel 和 Previtt 算子，从而实现非定向边缘检测的功能。

Sobel 对应的两个算子分别如下。

水平检测算子（Horizontal）：

$$\begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

垂直检测算子（Vertical）：

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

Previtt 对应的两个算子分别如下。

水平检测算子（Horizontal）：

$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

垂直检测算子（Vertical）：

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

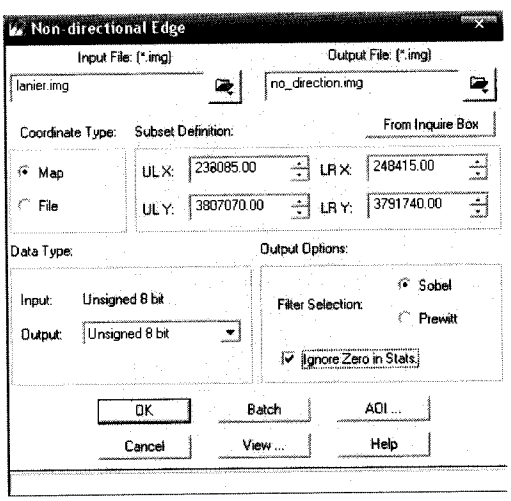


图 3.23 Non-directional Edge 对话框

在 ERDAS 菜单上选择 Main | Image Interpreter | Spatial Enhancement | Non-directional Edge 命令，Non-directional Edge 对话框（图 3.23）。

在打开 Non-directional Edge 对话框中进行如下设置：

（1）选择处理图像文件（Input File）为 C：\Program Files\Leica Geosystems\Geospatial Imaging 9.1\examples\lanier.img。

（2）设置输出文件（Output File）为…\Chp3\Tutor\no_direction.img。

（3）Coordinate Type 为 Map。

（4）Subset Definition 为处理的范围，在 UL X/Y、LR X/Y 微调框中输入需要的数值（默认为整个图像的范围，也可以用 Inquire Box 设定处理范围）。

（5）设置输出数据类型（Output Data Type）为 Unsigned 8 bit。

（6）选择滤波器（Filter Selection），这里选择 Sobel。

（7）选中 Ignore Zero in Stats 复选框表示在输出数据统计时忽略 0 值。

（8）单击 OK 按钮，执行非定向边缘增强（Non-directional Edge）处理，结果见图 3.24。

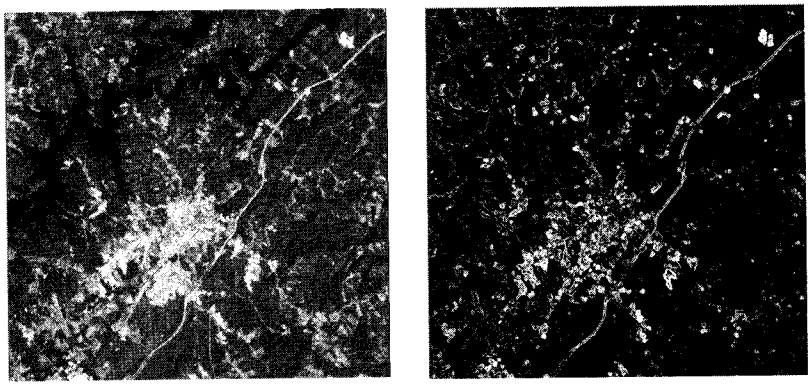


图 3.24　Non-directional Edge 处理结果（左图为处理前，右图为处理后）

3.2.4　聚焦分析

聚焦分析（Focal Analysis）与滤波的方法类似，其基本的思想也是用所选窗口内的像元按照聚焦函数的定义（Function Definition）进行运算，它可以取邻域内所有像元的和、最大值、最小值，均值、中值，标准差等作为新像元的值，从而达到图像增强的目的。

在 ERDAS 菜单上选择 Main | Image Interpreter | Spatial Enhancement | Focal Analysis 命令，打开 Focal Analysis 对话框（图 3.25）。

在打开 Focal Analysis 对话框中进行如下设置：

（1）选择处理图像文件（Input File）为 C:\Program Files\Leica Geosystems\Geospatial Imaging 9.1\examples\lanier.img。

（2）设置输出文件（Output File）为…\Chp3\Tutor\focal.img。

（3）Coordinate Type 为 Map。

（4）Subset Definition 为处理的范围，在 UL X/Y、LR X/Y 微调框中输入需要的数值（默认为整个图像的范围，也可以用 Inquire Box 设定处理范围）。

（5）输出数据类型（Output Data Type）为 Unsigned 8 bit。

（6）Focal Definition 选择聚焦窗口（包括窗口大小和形状），这里选 3×3，形状全

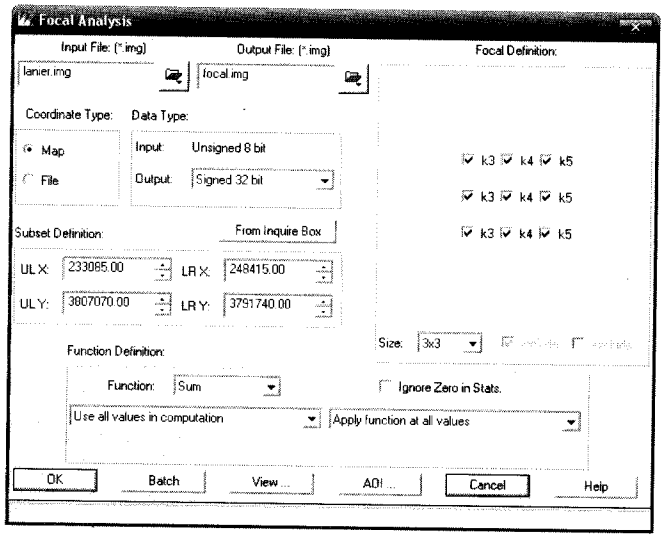


图 3.25　Focal Analysis 对话框

选，也可以根据需要选择其他形状，方法就是在需要保留的像元对应复选框处打钩。

（7）定义处理函数（Function Definition），这里选求和（Sum），也可以选择其他的（例如 Min/ Mean/SD/Median）；下面的两个下拉框是选择哪些像元参与运算，哪些不参与。

（8）选中 Ignore Zero in Stats 复选框表示在输出数据统计时忽略 0 值。

（9）单击 OK 按钮，执行聚焦分析（Focal Analysis），结果见图 3.26。

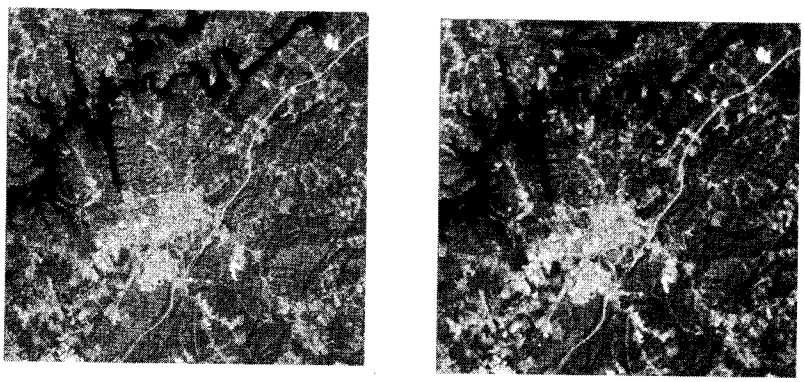


图 3.26　Focal Analysis 处理结果（左图为处理前，右图为处理后）

3.2.5　纹理分析

纹理分析（Texture Analysis）是通过在一定的窗口内进行二次变异分析（2nd-order Variance）或三次非对称分析（3rd-order Skewness），使雷达图像或其他图像的纹理结构得到增强，纹理分析的关键是窗口大小的确定和操作函数的定义。

在 ERDAS 菜单上选择 Main | Image Interpreter | Spatial Enhancement | Texture 命令，打开 Texture 对话框（图 3.27）。

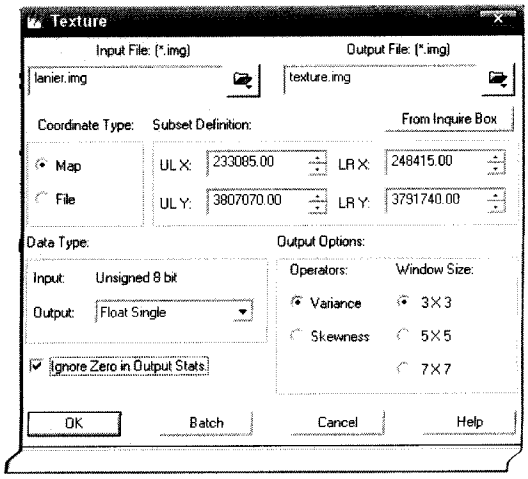


图 3.27　Texture 对话框

在 Texture 对话框中进行如下设置：

(1) 选择处理图像文件（Input File）为 C：\Program Files\Leica Geosystems\Geospatial Imaging 9.1\examples\lanier.img。

(2) 设置输出文件（Output File）为…\Chp3\Tutor\texture.img。

(3) Coordinate Type 为 Map。

(4) Subset Definition 为处理的范围，在 UL X/Y、LR X/Y 微调框中输入需要的数值（默认为整个图像的范围，也可以用 Inquire Box 设定处理范围）。

(5) 输出数据类型（Output Data Type）为 Float Single。

(6) 操作函数定义（Operators）为 Variance 或 Skewness。

(7) 窗口大小确定（Window Size）为 3×3（也可根据需要选 5×5 或 7×7）。

(8) 选中 Ignore Zero in Stats 复选框表示在输出数据统计时忽略 0 值。

(9) 单击 OK 按钮，执行 Texture 纹理分析，结果见 3.28。

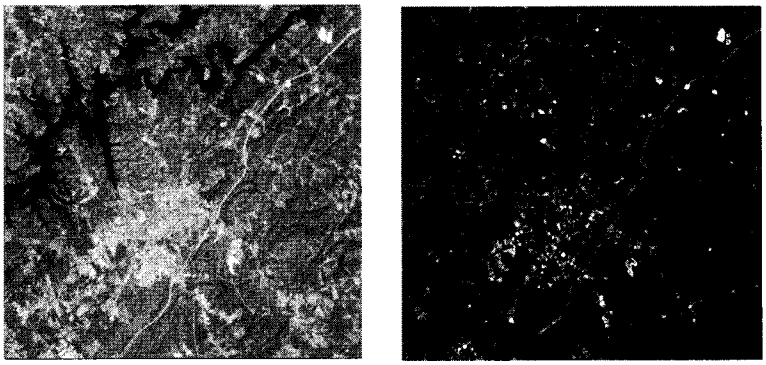


图 3.28　Texture 处理结果（左图为处理前，右图为处理后）

3.2.6 自适应滤波

自适应滤波（Adapter Filter）是应用 Wallis Adaptive Filter 方法对图像的感兴趣区（AOI）进行对比度拉伸，从而达到图像增强的目的。自适应滤波的关键问题是移动窗口（Moving Windows Size）的选择和乘积倍数大小（Multiplier）的定义，移动窗口的大小可以任意选择，如 3×3、5×5、7×7 等，通常都确定为奇数，而乘积倍数大小（Multiplier）是为了扩大图像反差或对比度，可以根据需要确定，系统默认值为 2.00。

在 ERDAS 菜单上选择 Main | Image Interpreter | Spatial Enhancement | Adapter Filter 命令，打开 Wallis Adaptive Filter 对话框（图 3.29）。

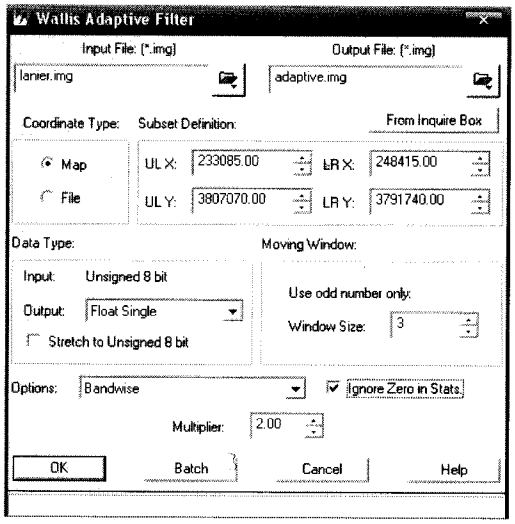


图 3.29 Wallis Adaptive Filter 对话框

在 Wallis Adaptive Filter 对话框中进行如下设置：

（1）选择处理图像文件（Input File）为 C：\ Program Files \ Leica Geosystems \ Geospatial Imaging 9.1 \ examples \ lanier. img。

（2）设置输出文件（Output File）为… \ Chp3 \ Tutor \ adaptive. img。

（3）Coordinate Type 为 Map。

（4）Subset Definition 为处理的范围，在 UL *X*/*Y*、LR *X*/*Y* 微调框中输入需要的数值（默认为整个图像的范围，也可以用 Inquire Box 设定处理范围）。

（5）输出数据类型（Output Data Type）为 Floatsingle。

（6）Moving Window Size 表示移动窗口大小为，这里为 3（表示 3×3）。

（7）输出文件选择（Options）Bandwise（逐个波段进行滤波）或 PC（仅对主成分变换后的），这里选前者。

（8）乘积倍数定义（Multiplier）为 2（用于调整对比度）。

（9）选中 Ignore Zero in Stats 复选框表示在输出数据统计时是否忽略 0 值。

(10) 单击 OK 按钮执行 Wallis Adaptive Filter 自适应滤波处理，结果见图 3.30。

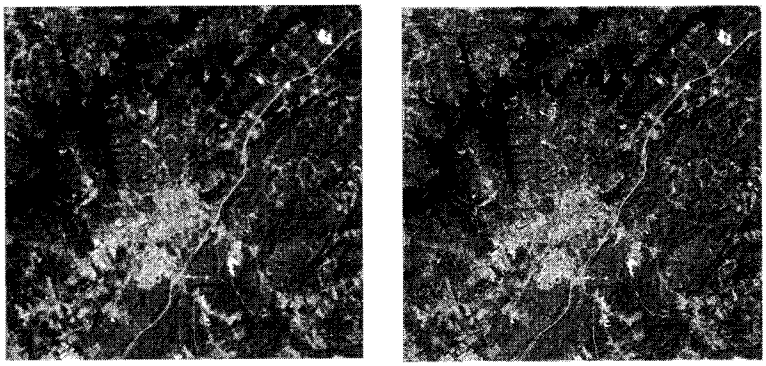


图 3.30 Wallis Adaptive Filter 处理结果（左图为处理前，右图为处理后）

3.2.7 统计滤波

统计滤波（Statistical Filter）是应用 Sigma Filter 方法对用户选择图像区域外的像元进行改进处理，从而达到图像增强的目的。统计滤波方法最早使用在雷达图像斑点噪声压缩（Speckle Suppression）处理中，随后引入到光学图像的处理。在统计滤波操作中，移动滤波窗口大小被固定为 5×5，而乘积倍数大小可以在 4.0、2.0、1.0 之间选择。统计滤波处理的操作比较简单，关键是理解其处理的原理、并选择合适的参数，才能获得比较满意的处理结果。

在 ERDAS 菜单上选择 Main | Image Interpreter | Spatial Enhancement | Statistical Filter 命令，打开 Statistical Filter 对话框（图 3.31）。

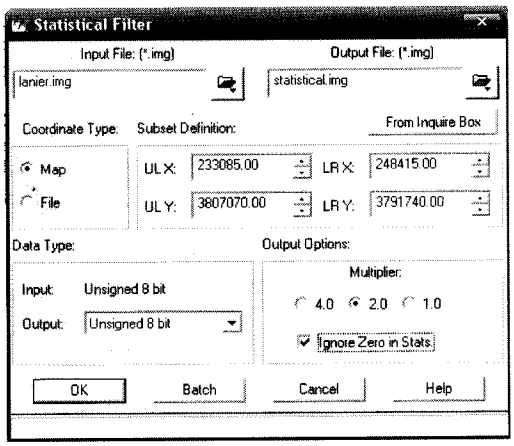


图 3.31 Statistical Filter 对话框

在 Statistical Filter 对话框中进行如下设置：

（1）选择处理图像文件（Input File）为 C：\ Program Files \ Leica Geosystems \ Geospatial Imaging 9.1 \ examples \ lanier. img。

（2）设置输出文件（Output File）为… \ Chp3 \ Tutor \ Statistical. img。

（3）Coordinate Type 为 Map。

（4）Subset Definition 为处理的范围，在 UL *X*/*Y*、LR *X*/*Y* 微调框中输入需要的数值（默认为整个图像的范围，也可以用 Inquire Box 设定处理范围）。

（5）输出数据类型（Output Data Type）为 Unsigned 8 bit。

（6）乘积倍数（Multiplier）为 2.0。

（7）选中 Ignore Zero in Stats 复选框，表示在输出数据统计时忽略 0 值。

（8）单击 OK 按钮执行 Statistical Filter 处理，结果见图 3.32。

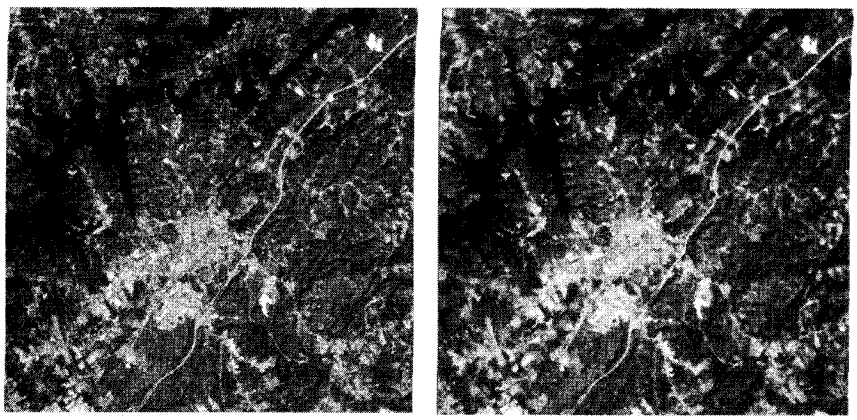


图 3.32　Statistical Filter 处理结果（左图为处理前，右图为处理后）

3.3　频率域增强

在数字图像处理中，图像最直观的理解是把图像理解为二维函数 $F(x, y)$。其中，x，y 作为数字图像中像素的二维空间的坐标，F 的值作为数字图像像素该位置的灰度值。但是在空间域处理某些数字图像的问题时，会比较困难，甚至无法处理。在频率域下处理的时候，同样的问题用不同的描述方式是和空间域的表示是等价的，但由于描述方式不同，以前空间域上很难处理的问题在频率域上就有可能变得容易。在频率域上处理时，还可以使用数字信号处理的一系列成熟的方法，使得在处理图像时有了更多的工具。

3.3.1　傅里叶变换

1822 年，法国数学家傅里叶在《热分析理论》一书中指出，任何周期函数都可以表示为不同频率的正弦和或余弦和的形式，每个正弦和或余弦和乘以不同的系数构成傅里叶级数。无论函数多么复杂，只要是周期的，并且满足了某些数学条件，都可以用这

样的和来表示。此外，非周期函数也可以用正弦和或余弦和乘以加权函数的积分来表示，在这种情况下的公式就是傅里叶变换。傅里叶变换（Fourier Analysis）是变换域分析的一种，在图像处理中是一种有效而重要的分析手段。它的应用十分广泛，如图像特征提取、空间频率域滤波、噪声的去除、图像恢复、纹理分析等。

傅里叶变换首先是将遥感图像从空间域转换到频率域，把RGB彩色图像转换成一系列不同频率的二维正弦波傅里叶图像；其次，在频率域内对傅里叶图像进行滤波、掩膜等各种编辑，减少或消除部分高频成分或低频成分；最后，再把频率域的傅里叶图像转换到RGB彩色空间域，得到经过处理后的彩色图像。

傅里叶变换的基本定义如下：

设$x(t)$为（$-\infty$，$+\infty$）上的连续函数，在一定条件下，有如下关系：

$$X(f)=\int_{-\infty}^{+\infty}x(t)\mathrm{e}^{-i2\pi ft}\,\mathrm{d}t \tag{3.6}$$

$$x(t)=\int_{-\infty}^{+\infty}X(f)\mathrm{e}^{i2\pi ft}\,\mathrm{d}f \tag{3.7}$$

式（3.6）称为傅里叶变换，式（3.7）为傅里叶逆变换。由式（3.6）和式（3.7）知，$x(t)$与$X(f)$一一对应。我们称$X(f)$为$x(t)$的连续频谱，通常简称为频谱。

根据式（3.6），可以由信号$x(t)$求出相应的频谱$X(f)$，这个过程称为频谱分析。

傅里叶变换分为连续傅里叶变换和离散傅里叶变换，在数字图像处理中经常用到的是二维离散傅里叶变换，在此给出二维离散傅里叶变换的定义：

N列M行的图像$f(x,y)$的二维离散傅里叶变换可以表示为

$$F(u,v)=\frac{1}{NM}\sum_{x=0}^{N-1}\sum_{y=0}^{M-1}f(x,y)\mathrm{e}^{-j2\pi(ux/N+vy/M)}\ (u=1,2,\cdots,N-1,v=1,2,\cdots,M-1) \tag{3.8}$$

其逆变换为

$$f(x,y)=\sum_{u=0}^{N-1}\sum_{v=0}^{M-1}F(u,v)\mathrm{e}^{j2\pi(ux/N+vy/M)}\ (x=1,2,\cdots,N-1,y=1,2,\cdots,M-1) \tag{3.9}$$

定义二维离散傅里叶变换的频谱和相位角如下：

$$|F(u,v)|=\sqrt{R^2(u,v)+I^2(u,v)},\phi(u,v)=\arctan\frac{I(u,v)}{R(u,v)} \tag{3.10}$$

值得注意的是，这里的x和y代表图像的空间坐标变量，因而u和v分别代表沿x轴方向和y轴方向的空间频率分量。

首先考察$\exp[j2\pi(ux+vy)]$，它的实部和虚部分别为$\cos2\pi(ux+vy)$和$\sin2\pi(ux+vy)$。图3.33给出了$\cos2\pi(ux+vy)$所在位置的轨迹图。它是根据关系式：

$$ux+vy=n,n=0,\pm1,\pm2,\cdots \tag{3.11}$$

得出的，所以是无限条平行直线。此函数最小值轨迹位于两平行线的中间。由于相邻两平行线在x轴上的截距等于$1/u$，在y轴上的截距等于$1/v$，则根据图形的几何关系得知，线与线之间相隔的距离为$1/\sqrt{u^2+v^2}$。

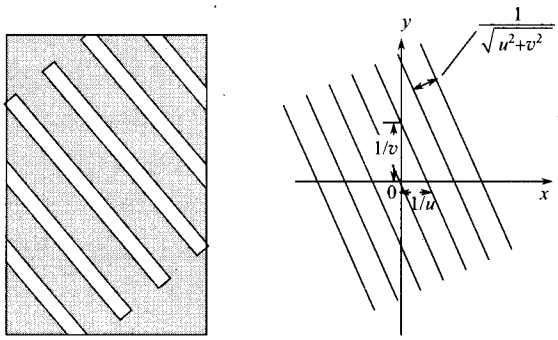


图 3.33　从空间域到频率域转换

从物理意义上来说，此间距即所谓空间周期，其倒数就是空间频率。空间周期在 x 轴和 y 轴方向的分量分别等于 $1/u$ 和 $1/v$。于是，u 和 v 就分别代表沿 x 轴和沿 y 轴方向的空间频率分量。从信号的角度来看，空间频率是指单位长度内亮度周期性变化的数量，单位为周/毫米。空间频率向量的方向与 x 轴的夹角等于 arctan（v/u），显然，从 u 和 v 可得任意方向且周期从 0 到∞变化的二维余弦图形。

根据上面讨论并对照一维信号中傅里叶变换的意义，可以看出，逆变换式意味着 f（x，y）是由各种空间频率的二维正弦及余弦图形线性组合而成。F（u，v）代表加权因子，是上述各种正弦及余弦图形对 f（x，y）提供的相对贡献，因此称 F（u，v）为 f（x，y）的频谱。

傅里叶变换有以下重要性质：

（1）对称性。函数的偶函数分量将对应于傅里叶变换后的偶函数分量，奇函数分量也对应于奇函数分量，但是要引入系数 j。

（2）加法定理。时域中的加法对应于频率域内的加法。

（3）回位移定理。函数位移的变化不会改变其傅里叶变换的幅值，但会产生一个相位变化。

（4）相似性定理。“窄”函数对应于一个“宽”傅里叶变换，“宽”函数对应于一个“窄”傅里叶变换（所谓的宽、窄是指函数在坐标轴方向上的延伸情况）。

（5）卷积定理。时域中的函数卷积对应于频率域中的函数乘积；或者说，两个函数卷积的傅里叶变换等于它们各自傅里叶变换的乘积。如果函数是在有限维空间中定义的图像，只有假设每个图像在各个方向上都有周期性的重复，卷积定理才成立。

（6）共轭性。将函数的傅里叶变换的共轭输入傅里叶变换程序得到该函数的共轭，也就是说，完全可以利用傅里叶变换程序计算傅里叶逆变换而无须重新编写逆变换程序。

（7）Rayleigh 定理。傅里叶变换前、后的函数具有相同的能量。

对于二维傅里叶变换而言，还有以下两个特殊的重要性质：

（1）可分离性。如果二维函数可以分解为两个一维分量函数，那么傅里叶变换后的函数也可以分解为两个一维分量函数。也就是说，对二维函数做傅里叶变换可以分为两步进行：首先视某一个方向变量为常数，对另一个方向做一维傅里叶变换，再对得到的

变换结果做另一个方向上的一维傅里叶变换。

（2）旋转。如果函数在时域中旋转一个角度，那么其傅里叶变换也会旋转相同的角度。

傅里叶变换的这些性质在图像处理中有着广泛的应用。

3.3.1.1 快速傅里叶变换

应用傅里叶变换功能的第一步，就是把输入的空间域彩色图像转换成频率域傅里叶图像（*.fft），这项工作就由快速傅里叶变换（Fourier Transform）完成。

为了减少运算步骤和节省时间，一般遥感图像处理系统都采用快速傅里叶变换（FFT），用两次一维的 FFT 进行快速运算处理，把遥感图像转换为一系列不同频率的二维正弦波。

快速傅里叶变换（FFT）的计算公式如下：

$$F(u,v) \leftarrow \sum_{x=0}^{N-1}\sum_{y=0}^{M-1}\left[f(x,y)\mathrm{e}^{-j2\pi(ux/N+vy/M)}\right] \tag{3.12}$$

其中，N 为图像列数；M 为图像行数；u，v 为空间频率变量；e 为 2.71828 自然对数的底；j 为复数的虚数部分。

快速傅里叶逆变换（IFFT）的计算公式如下：

$$f(u,v) \leftarrow \sum_{u=0}^{N-1}\sum_{v=0}^{M-1}F(u,v)\mathrm{e}^{j2\pi(ux/N+vy/M)} \quad (0 \leqslant x \leqslant N-1, 0 \leqslant y \leqslant M-1) \tag{3.13}$$

图像的傅里叶变换要求图像的行数和列数为 2 的倍数。考虑到计算的复杂性和遥感图像数据量较大，对遥感图像进行傅里叶变换需要计算机具有较大的内存和较快的计算速度。一般的，进行傅里叶变换所需的内存是图像大小的 8 倍左右。

ERDAS IMAGINE 中实现快速傅里叶变换如下：

（1）单击 Interpreter 图标，选择 Fourier Analysis | Fourier Transform 命令，打开 Fourier Transform 对话框（图 3.34）。

（2）选择处理图像文件（Input File）为 C：\ Program Files \ Leica Geosystems \ Geospatial Imaging 9.1 \ examples \ tm _ 1.img。

（3）在 Output File 文本框中选择输出数据为 tm _ 1.fft。

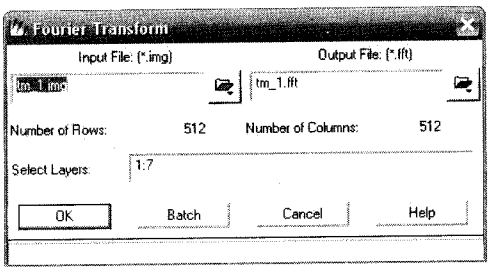


图 3.34 Fourier Transform 对话框

（4）Select Layers 选择变换的波段范围为 1：7（表示 1～7 共 7 个波段）。

（5）单击 OK 按钮执行快速傅里叶变换。

3.3.1.2 傅里叶变换编辑器

傅里叶变换编辑器（Fourier Transform Editor）集成了傅里叶图像编辑的全部命令与工具，通过对傅里叶图像的编辑，可以减少或消除遥感图像条带噪声和其他周期性的图像异常。傅里叶图像的编辑是一个交互的过程，没有一个现成的最好的处理规则，需依据数据特征，应用不同的编辑工具进行试验，确定最适合的编辑方法和途径。另外，

还可以利用鼠标在傅里叶图像上单击或拖拉，查询其坐标位置（坐标值会在编辑器窗口右下方显示），辅助你决定傅里叶图像处理过程中的参数设置。

1）傅里叶编辑器的基本功能

选择 Interpreter | Fourier Analysis | Fourier Transform Editor 命令，打开 Fourier Editor 对话框，打开一幅傅里叶图像（图 3.35）。

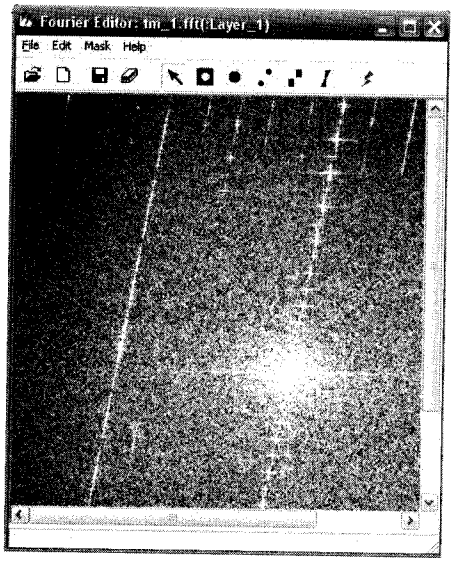


图 3.35 傅里叶编辑器

傅里叶编辑器的主菜单由 File、Edit、Mask、Help 组成（图 3.35），并有快捷工具条，对应着主菜单里的各项功能。其中，File、Edit、Help 三个菜单与其他类型界面的功能雷同，主要包括打开、关闭、新建、在线帮助等内容。Mask 菜单则包含了傅里叶编辑器的主要功能，下面对其功能做简要介绍。

Filters：低通/高通滤波窗口，可对傅里叶图像进行低通滤波或高通滤波处理（快捷按钮不能进行参数设置）。

Circular Mask：圆形掩膜，对应快捷工具条按钮。

Rectangular Mask：矩形掩膜，对应快捷工具条按钮。

Wedge Mask：楔形掩膜，对应工具条按钮。

另外，快捷工具条上的按钮对应着 File/Inverse Transform 命令，即傅里叶逆变换。

从 Mask 菜单进入以上各种功能时，有一个共同的参数设置，即 Window Function（滤波窗口类型）选择，ERDAS IMAGINE 提供了 5 种常用的类型，见表 3.2。

表 3.2 ERDAS IMAGINE 5 种常用滤波窗口类型

滤波窗口类型	主要功能
Ideal（理想滤波窗口）	截取的频率是绝对的，没有任何过度；其主要缺点是会产生环形条纹，特别是半径较小时
Bartlett（三角滤波窗口）	采用了三角函数，减少了环形波纹作用的影响
Butterworth（巴特滤波窗口）	采用平滑的曲线方程，过渡性较好；主要优点是最大限度地减少了环形波纹的影响
Gaussian（高斯滤波窗口）	采用的是自然底数幂函数，过渡性好，与巴特滤波相似，可以互换应用
Hanning（余弦滤波窗口）	采用条件余弦函数，过渡性好，与巴特滤波相似，可以互换应用

以下傅里叶编辑器功能的实现都基于 tm _ 1. fft 数据进行。

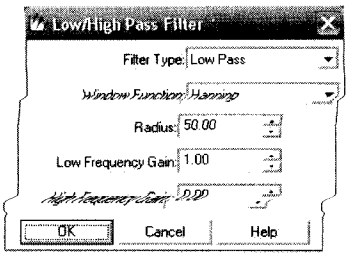


图 3.36 Low/High Pass Filter 对话框

2) Filters

(1) 选择 Mask | Filters 命令，打开 Low/High Pass Filter 对话框（图 3.36）。

(2) Filter Type：选择进行滤波的类型，即低通滤波或高通滤波。

(3) Window Function：设置滤波窗口的类型为 Ideal。

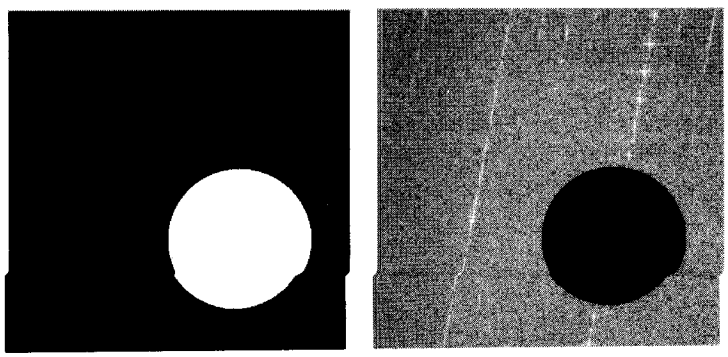
(4) Radius：设置滤波半径；当选择的滤波类型为高通滤波时，表示圆内的所有频率衰减，圆外的所有频率无损失的通过；当选择的滤波类型为低通滤波时，则相反。

(5) Low Frequency Gain：低频增益，低通滤波时，默认值为 1。高通滤波时，默认值为 0；低通滤波时将乘以该值。

(6) High Frequency Gain：高频增益，低通滤波时，默认值为 0。高通滤波时，默认值为 1；高通滤波时将乘以该值。

(7) 单击 OK 按钮执行低通/高通滤波。

图 3.37 (a) (b) 为分别执行低通滤波和高通滤波后的傅里叶图像（结果数据保存在… \ Chp3 \ Tutor \ filter-low. fft 和… \ Chp3 \ Tutor \ filter-high. fft）。两图中的黑色区域为执行滤波的区域，其他区域则未进行滤波处理。



(a) 低通滤波　　(b) 高通滤波

图 3.37 低通滤波与高通滤波对比图

3) Circular Mask

Circular Mask 可以对傅里叶图像中分散分布的亮点进行处理，利用鼠标查询亮点的分布坐标，对圆形滤波中心坐标进行设置。

Circular Mask 与 Filters 一样，用的都是圆形窗口，但 Filters 的圆心是固定在中心的，不能作为参数随意进行设置，但 Circular Mask 的圆心可以根据用户的需要，自行进行设置，且 Circular Mask 是中心对称两个圆同时对图像进行滤波，即当设置的圆心为 (−1, 1) 时，对图像进行滤波的同时，另一圆心为 (1, −1) 的圆也在对图像进行滤波。

（1）选择 Mask | Circular Mask 命令，打开 Circular Mask 对话框（图 3.38）。

（2）Window Function：设置滤波窗口的类型。

（3）Circle center U 和 Circle center V：设置圆心位置，u 代表横坐标，v 代表纵坐标。

（4）Radius：设置圆形滤波半径。

（5）Central Gain：中心增益，距离圆心越远，增益速度越慢。

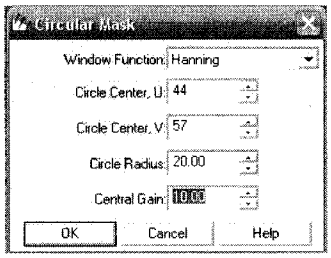


图 3.38　Circular Mask 对话框

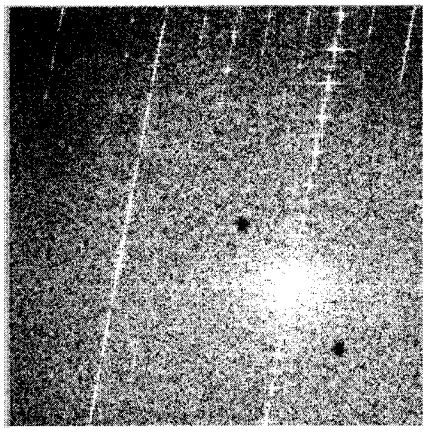


图 3.39　Circular Mask 效果图

（6）单击 OK 按钮执行 Circular Mask，结果见图 3.39（结果保存在… \ Chp3 \ Tutor \ circle. fft）。图中两黑点即为圆形滤波的区域，可以看出，呈中心对称分布。

4）Rectangular Mask

Rectangular Mask 用于产生矩形区域傅里叶图像，编辑过程类似于 Circular Mask，应用于非中心区的傅里叶图像的处理，即矩形滤波不能对图像中心进行处理。

（1）选择 Mask | Rectangular Mask 命令，打开 Rectangular Mask 对话框（图 3.40）。

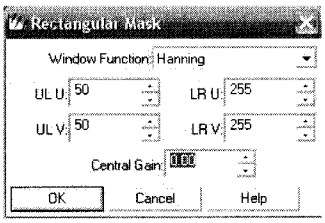


图 3.40　Rectangular Mask 对话框

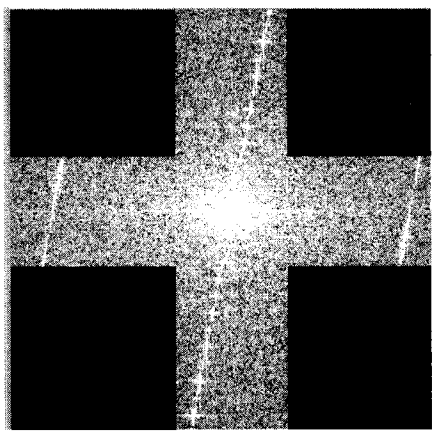


图 3.41　两次 Rectangular Mask 效果图

（2）Window Function：设置滤波窗口的类型为 Ideal。

(3) ULU、ULV、LRU、LRV 为滤波窗口的坐标，分别为 50，50，255，255。

(4) Central Gain：中心增益，默认为 0。当该值大于 1 时，增益速度随距离矩形中心的增大而减小；当该值小于 1 时，则相反。

(5) 单击 OK 按钮执行 Rectangular Mask 处理，图 3.41 为连续两次执行 Rectangular Mask 变换后结果图（第二次的滤波窗口 ULU、ULV、LRU、LRV 分别为 50，−255，255，−50）（结果保存在… \ Chp3 \ Tutor \ rectangular. fft）。黑色区域为两次滤波区域，呈中心对称分布。

5) Wedge Mask

Wedge Mask 经常用于去除图像中的扫描条带（Strip），扫描条带在傅里叶图像中表现为光亮的辐射线（Radial Line）。Landsat MSS 与 TM 图像中的条带在傅里叶图像中多数表现为非常明显的高亮度的、近似垂直的、穿过图像中心的辐射线。因此，进行 Wedge Mask 的第一步就是确定辐射线的走向。

在 Fourier Editor 窗口，单击辐射线上的任意亮点的中心，查询其坐标（X，Y），该辐射线的角度即为$-\arctan(Y/X)$。

(1) 选择 Mask | Wedge Mask 命令，打开 Wedge Mask 对话框（图 3.42）。

(2) Window Function：设置滤波窗口的类型为 Hanning。

(3) Center Angle：辐射线夹角为 78.99（逆时针方向为正）。

(4) Wedge Angle：设置契行窗口的宽度为 10。

(5) Central Gain：中心增益，默认为 0；距离圆心越远，增益速度越慢。

(6) 单击 OK 按钮执行 Wedge Mask（图 3.43）（结果保存在… \ Chp3 \ Tutor \ wedge. fft）。

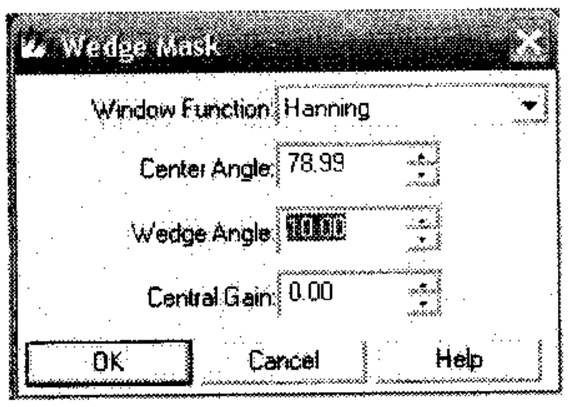


图 3.42　Wedge Mask 对话框

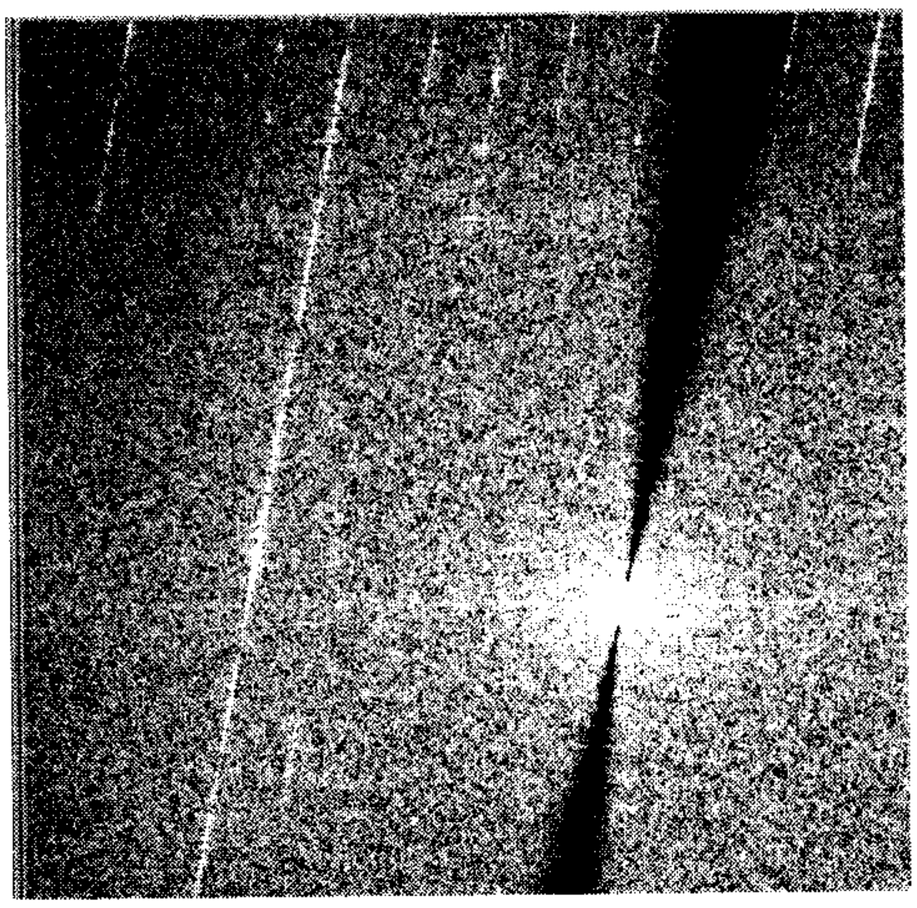


图 3.43　Wedge Mask 变换效果图

在本章 3.1.7 节中，曾介绍过 TM 图像去条带的工具——Destripe TM Data 命令，也能去除 TM 影像中的辐射条带。但是，Wedge Mask 与 Interpreter | Radiometric Enhancement | Destripe TM Data 命令还有一定的差别，主要表现为两点：①数据的处

理范围不同；②输出数据不同。

（1）Wedge Mask 每次只能根据查找亮点的中心，去除与亮点对应的条带；而 Destripe TM Data 命令则能自动的对整幅图像或者选定区域内的图像进行去条带处理。

（2）经 Wedge Mask 处理后的图像变换回空间域后，所有波段信息都在一个层；而经 Destripe TM Data 处理后的图像则仍分层保留各波段信息。

3.3.2 傅里叶逆变换

经过各种傅里叶变换后的图像都仍是傅里叶图像，因此，需要对变换后的图像进行逆变换，即将频率域傅里叶图像（*.fft）重新变换为空间域的彩色图像。首先在 Fourier Editor 窗口下打开一幅傅里叶图像 wedge.fft（以经过楔形变换的图像为例）。

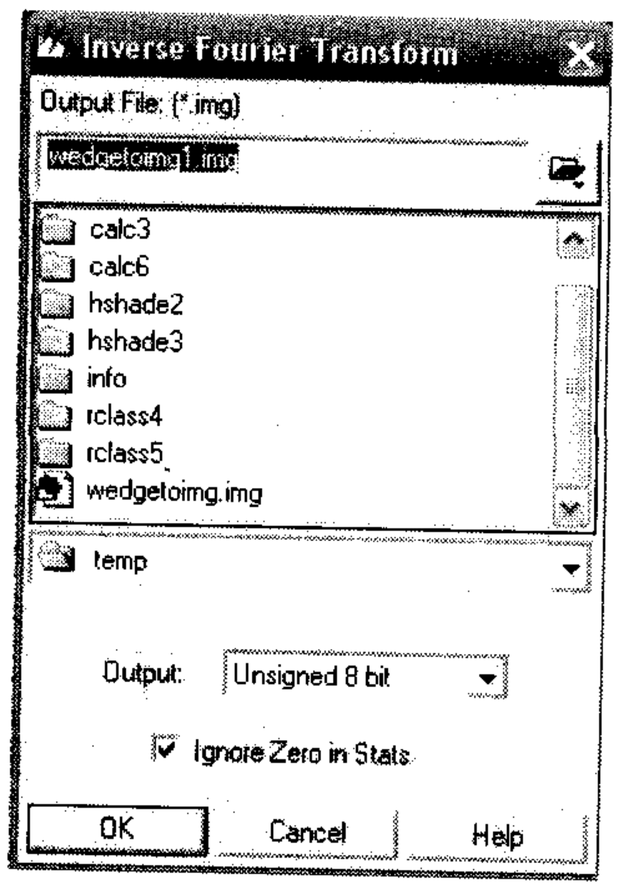


图 3.44　Inverse Transform 对话框

（1）选择 File | Inverse Transform 命令，打开 Inverse Fourier Transform 对话框（图 3.44）。

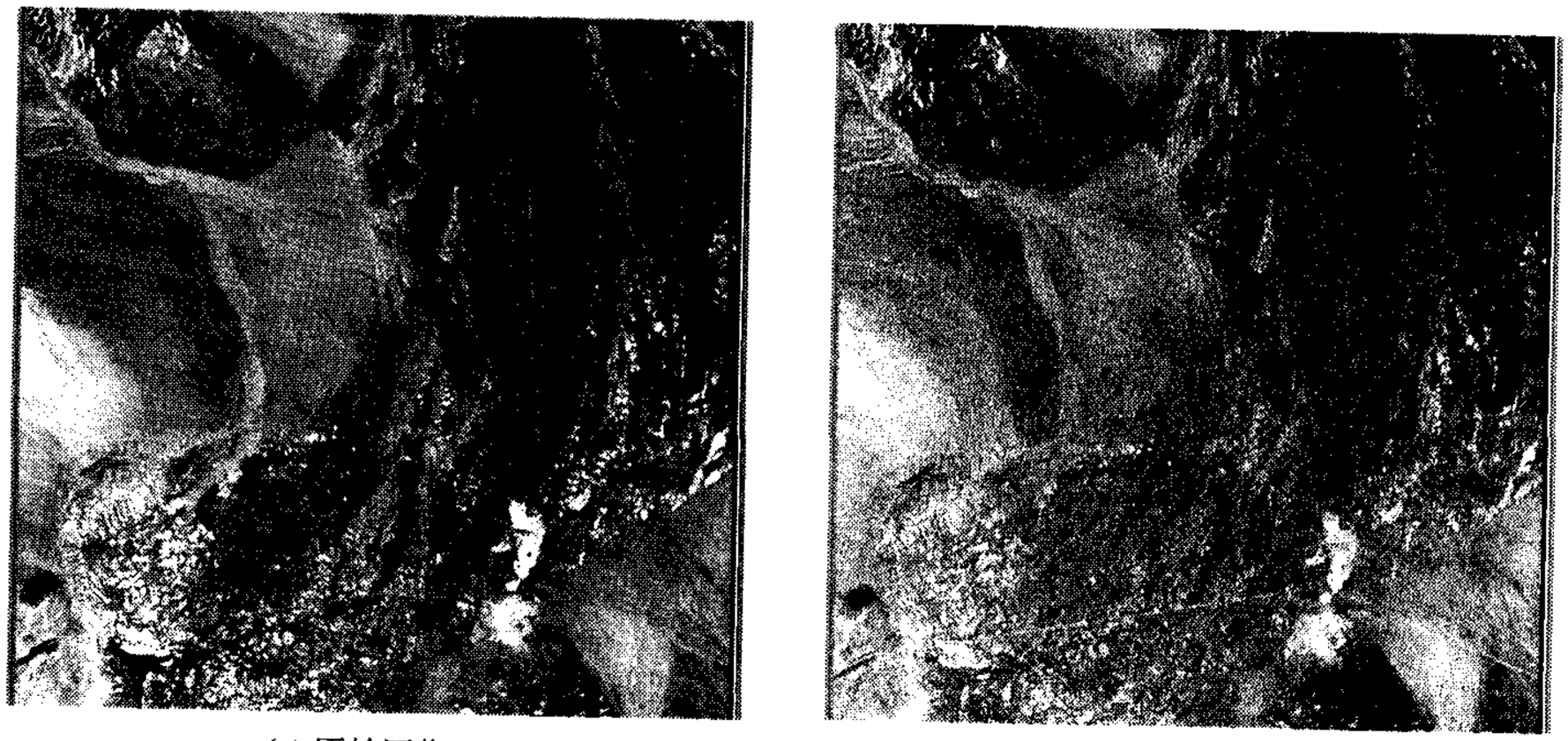
（2）Output File：设置输出文件的为…\Chp3\Tutor\In-wedge.img。

（3）Output：设置输出图像的数据类型为 Unsigned 8 bit；选择输出图像数据的类型时，主要根据输入数据类型确定；如果该输出数据为显示数据，则一般选择 Unsigned 8 bit（因为进行彩色显示时为0～255 之间的整数）；若输出数据为过程数据，需进一步处理，为保证精度，则可以选择 Float Single；下文选择输出数据类型时都基于上述原则。

（4）选中 Ignore Zero in Stats 复选框。

（5）单击 OK 按钮执行傅里叶逆变换。

（6）在 Viewer 中打开变换后的图像（图 3.45）。



(a) 原始图像　　(b) 经Wedge Mask变换后的图像

图 3.45　傅里叶变换前后图像对比

3.4 代数运算

对于多波段遥感图像和经过空间配准的两幅或多幅单波段遥感图像，可以通过代数运算来突出特定的地物信息，从而达到某种增强的目的。

代数运算是根据地物本身在不同波段的灰度差异，通过不同波段之间简单的代数运算产生新的“波段”，来达到突出感兴趣的地物信息、压抑不感兴趣的地物信息的图像增强方法。进行代数运算后，数值范围可能超过了显示设备的范围，因此，在显示的时候，往往需要进行灰度拉伸。

代数运算按照像素进行，因此，相关的图像数据的空间坐标必须完全相同，参与运算数据，可以是图像波段（至少一个是波段）、常数或文件。如果是图像文件，图像文件中的波段数目和顺序必须相同。

在下面的表达式中，设 B1 与 B2 为参与运算的波段，B 为运算后产生的新的“波段”。

3.4.1 算术运算

3.4.1.1 基本概念及公式

1）加法运算

$$B=B1+B2 \tag{3.14}$$

加法运算主要用于对同一区域的不同时段图像求平均，这样可以削弱图像的随机噪声，或者获取特定时段的平均统计特征。进行加法运算的图像的成像日期不应相差太大。例如，使用 NOAA 或者 MODIS 图像研究地表植被的季节变化，可以将相邻 5 天的图像数据进行平均处理。

2）差值运算

$$B=B1-B2 \tag{3.15}$$

差值图像提供了不同波段或不同时相图像间的差异信息，在动态监测、运动目标检测与跟踪、图像背景消除、不同图像处理效果的比较及目标识别等工作中应用较多。

差值运算后的图像反映了同一地物在这两个波段上的差异。地物的反射率在不同的波段上特征不同，差值运算后图像上差异大的地物得到突出，从而容易识别出来。例如，健康的植被在 0.65μm 附近有一个明显的吸收谷，反射率很低；在 0.7～0.8μm 处是一个陡坡，反射率急剧上升，并在 0.8～1.3μm 之间形成一个高的、反射率可达 40% 或更大的反射峰，这种反射光谱曲线是含有叶绿素植物的共同特点（叶绿素反射特征）。红外波段植被与浅色土壤、红波段的植被与深色土壤及水体反射率接近，无法分开。当用红外波段减红波段时，由于植被在这两个波段的反射率差异很大，相减后植被具有很高的差值；而土壤和水体在这两个波段的反射率差异很小，差值很小，因此在差值图像中植被信息得到突出，很容易确定其分布区域。

差值运算还可以监测同一区域在一段时间内的动态变化。例如，用森林火灾发生前

后的图像做差值运算，在差值图像上，火灾地区由于变化明显而高亮显示，其他地区则变化不大，因而过火区域得到了突出，据此可以精确计算过火面积。差值运算还可以监测洪水灾情变化、监测河口、河岸的泥沙淤积及河湖、海岸的污染、监测城市的扩展等。

3）乘法运算

$$B=B1\times B2 \tag{3.16}$$

乘法运算可用来遮掉图像的某些部分。例如，使用一个二值图像 f1（图像上需要被完整保留下来的区域的像素值为 1，而被抑制掉的区域的像素值为 0）去乘图像 f2，可抹去图像 f2 的某些部分。图像处理中，这个操作被称为掩膜。

4）比值运算

$$B=B1/B2 \tag{3.17}$$

比值运算是指两个不同波段图像对应像素的灰度值相除（除数不能为 0），是遥感图像处理中常用的方法。比值运算可以降低传感器灵敏度随空间变化造成的影响，降低地形导致的阴影影响。

作为比值运算的分母，可以是其他的图像波段，也可以是当前波段中的某个常数，如最大值、最小值、最大值一最小值、平均值、方差等。

在比值图像上，像素的亮度反映了光谱比值的差异。因此，这种运算对于增强和区分在不同波段差异较大的地物有明显的效果。例如，在地质探测中，地质学家常用 TM 的某种组合解译矿石类型：B3/B1 突出铁氧化物，B5/B7 突出黏土矿物，B5/B4 突出铁矿石，B5/B6 突出大片白陶土蚀变区域，B4/B3 突出植被信息，B5/B2 分离陆地和水体，等等。

比值运算还能去除地形坡度和坡向引起的辐射量变化，在一定程度上可消除同物异谱现象，是图像自动分类前常采用的预处理方法之一。

波段比值运算还可以用来探测地物随着季节变化的信息。例如，如果需要监测地区植被的变化，可以使用不同季节的第 3 波段的比值，新建立的波段可能是 20060810B3/20040810B3。图像的时段可以是不同年的同一个月，或同一年的不同月。新产生的波段将突出变化信息，变化的像素具有较高的亮度值。没有变化的像素值较低，在图像中比较暗。

需要注意的是，如果比值运算中作为分母的波段的值很小，比值运算可能会增加图像中的噪声。因此，如果有必要，可以在计算前先对图像进行滤波处理。

除以上四种基本算术以外，ERDAS 还提供了如平方、模等运算，具体见表 3.3。

表 3.3　ERDAS 基本代数运算表

基本代数运算类别	功能
加法运算（+）	对同一区域的不同时段图像求平均，这样可以减少图像的加性随机噪声，或者获取特定时段的平均统计特征
差值运算（−）	提供了不同波段或不同时相图像间的差异信息，在动态监测、运动目标检测与跟踪、图像背景消除、不同图像处理效果的比较及目标识别等工作中应用较多
乘法运算（*）	可用来遮掉图像的某些部分

续表

基本代数运算类别	功能
比值运算（/）	可以降低传感器灵敏度随空间变化造成的影响，增强图像中特定的区域；降低地形导致的阴影影响，突出季节的差异
幂运算（POWER）	B1 以 B2 为幂进行运算
求模运算（MOD）	B1 \ B2

3.4.1.2 代数运算

（1）选择 Interpreter | Utilities | Operators 命令，打开 Input Operators 对话框（图 3.46）。

（2）选择处理图像文件（Input File #1）（Input File #2）为 C：\ Program Files \ Leica Geosystems \ Geospatial Imaging 9.1 \ examples \ lanier. img。

（3）Layer：选择参加运算的图像的层，注意，#1 和#2 中选择的层数应该相同。

（4）Output File：运算后输出图像的为 … \ Chp3 \ Tutor \ operators. img。

（5）Output Options：Operator 选择要进行的运算方式（+、−、*、/等），这里选择+。

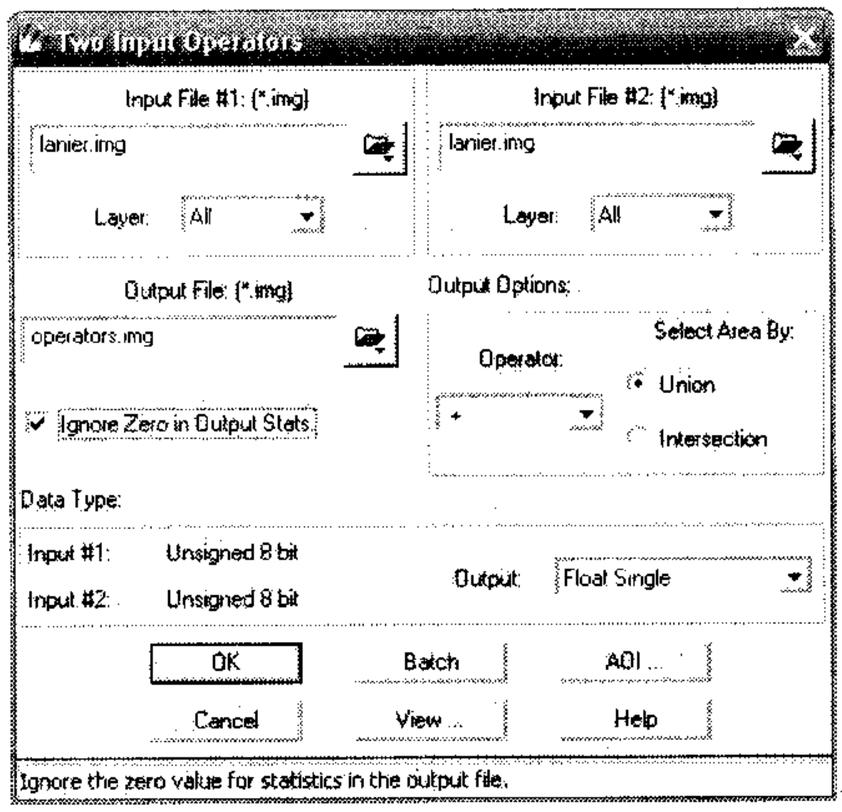


图 3.46 Input Operators 对话框

Select Area By：选择运算范围，Union 表示对两幅图像的并集进行运算，Intersection 表示对交集进行运算，这里选择前者。

（6）选中 Ignore Zero in Output Stats 复选框，输出数据统计时是否忽略 0 值。

（7）Data Type：显示了参加运算的两幅图像的数据类型，并确定输出图像的数据类型，选择 Float Single。

（8）单击 OK 按钮按钮执行代数运算。

3.4.2 归一化指数

3.4.2.1 归一化指数

归一化指数是比较特殊的比值运算方式。基本的公式是：

$$B = (B1 - B2)/(B1 + B2) \tag{3.18}$$

在基本的比值运算中，如果分母中的波段 B2 的值比较小（特别是小于 1 的情况下），那么，比值的结果将夸大差异，使用归一化指数可以避免这个问题。此外，与比值运算不同的是，归一化指数中像素值的变化是有约束的。

由于计算反映的矿物及植被的常用比率和指数与遥感图像类型（即传感器）有密切的关系，因而在进行指数计算时，首先必须根据输入图像的类型选择传感器。ERDAS

软件提供的可选的传感器类型有 SPOT XS，Landsat TM，Landsat MSS，NOAA AVHRR 四种，不同的传感器对应的指数计算是有区别的。ERDAS 软件还提供了各种与传感器对应的常用指数，表 3.4 为传感器 Landsat TM 所对应的指数函数。

表 3.4　传感器 Landsat TM 所对应的指数函数

函数名称	计算公式
归一化植被指数（NDVI）	（band4－band3）/（band4＋band3）
比值植被指数（IR/R）	band4/band3
SQRT（IR/R）	Sqrt（band4/band3）
差值植被指数（Veg. Index）	band4－band3
转换植被指数（TNDVI）	Sqrt（（band4－band3）/（band4＋band3）＋0.5）
氧化铁指数（IRON OXIDE）	band3/band1
黏土矿指数（CLAY MINERALS）	band5/band7
铁矿指数（FERROUS NINERALS）	band5/band4
矿合物指数（NINERALS COMPOSITE）	band5/band7，band5/band4，band3/band1
水合物指数（HYDROTHERMAL COMPOSITE）	band5/band7，band3/band1，band4/band3

下面介绍典型的归一化指数：归一化植被指数（NDVI）。

3.4.2.2　植被指数

植被指数是遥感监测地面植物生长和分布的一种方法。由于不同绿色植被对不同波长光的吸收率不同，光线照射在植物上时，近红外波段的光大部分被植物反射，而可见光波段的光则大部分被植物吸收，通过对近红外和红波段反射率的线性或非线性组合，可以消除地物光谱产生的影响。根据地物光谱反射率的差异做比值运算可以突出图像中植被的特征、提取植被类别或估算绿色生物量，能够提取植被的算法称为植被指数（Vegetation Index，VI）。植被指数是代数运算增强的典型应用。在遥感应用领域，植被指数已广泛用来定性和定量评价植被覆盖及其生长活力。植被指数作为一种重要的遥感归一化参数，并已作为一种遥感手段广泛应用于土地利用覆盖探测、植被覆盖密度评价、作物识别和作物预报等方面。

绿色植物叶子的细胞结构在近红外波段具有高反射性，其叶绿素在红光波段具有强吸收性。因此，在多波段图像中，用红外/红波段的图像比值运算，结果图像上植被区域具有高亮度值，甚至在绿色生物量很高时达到饱和。

归一化植被指数（Normalized Difference Vegetation Index，NDVI）

$$\mathrm{NDVI} = \frac{\mathrm{IR} - \mathrm{R}}{\mathrm{IR} + \mathrm{R}} \tag{3.19}$$

式中：IR 为遥感多波段图像中的近红外（infrared）波段；R 为红波段。

常用的红外（IR）与红（R）波段见表 3.5。

表 3.5　常用的红外（IR）与红（R）波段

传感器	IR 波段	R 波段
Landsat TM	4	3
Landsat MSS	7	5
SPOT XS	3	2
NOAA AVHRR	2	1

3.4.2.3　植被指数功能实现

（1）选择 Interpreter | Spectral Enhancement | Indices 命令，打开 Indices 对话框（图 3.47）。

（2）选择处理图像文件（Input File）为 C：\ Program Files \ Leica Geosystems \ Geospatial Imaging 9.1 \ examples \ lanier.img。

（3）Output File：输出图像的为… \ Chp3 \ Tutor \ index.img。

（4）Sensor：选择传感器类型为 Landsat TM。

（5）Coordinate Type：选择 Map。

（6）Subset Definition：定义变换区域，默认时为整幅图像；UL *X*、UL *Y*、LR *X*、LR *Y* 分别表示变换区域左上角 *X*、*Y* 坐标和右下角 *X*、*Y* 坐标。

（7）From Inquire Box：由 Viewer 窗口的 Inquire Box 定义变换区域。

（8）Select Function：选择函数类型为 NDVI。

（9）Data Type：输出图像的数据类型为 Float Single。

（10）Function 标签中显示第 8 步中所选择函数类型的计算方法。

（11）单击 OK 按钮执行归一化植被指数运算（图 3.48）。

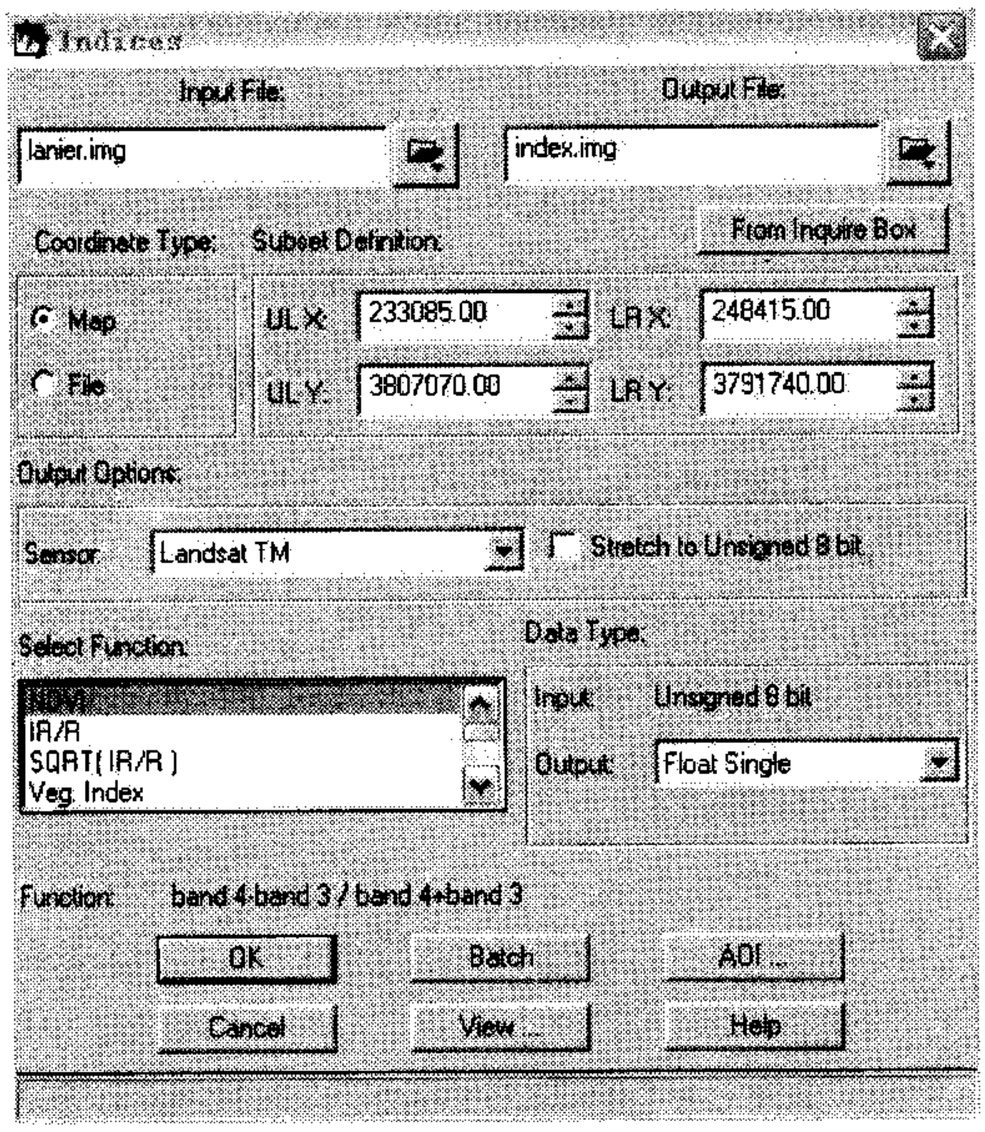


图 3.47　Indices 对话框

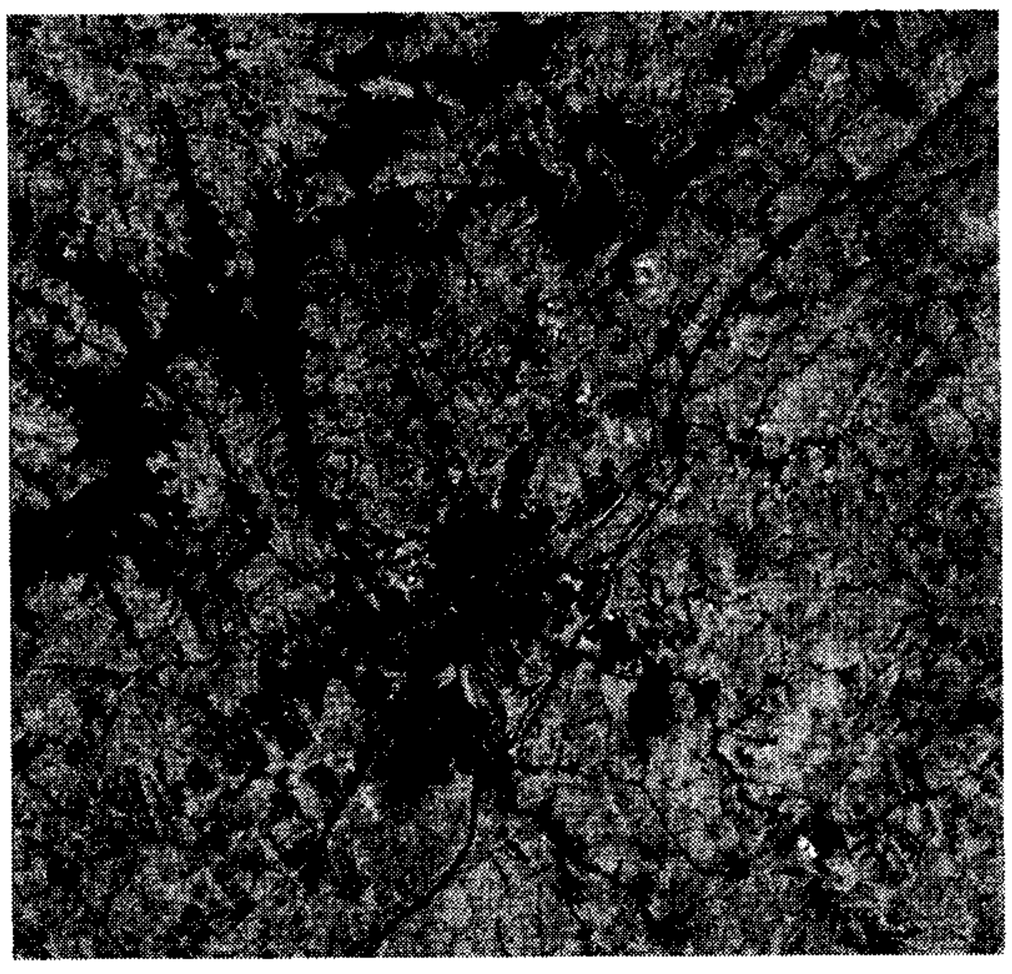


图 3.48　植被指数

3.5 主成分变换

主成分变换（Principal Component Analysis）又称 K-L 变换或霍特林（Hotelling）变换，是基于变量之间的相关关系，在尽量不丢失信息前提下的一种线性变换的方法，主要用于数据压缩和信息增强。K-L 变换能够将图像 A 分解为一组主成分的和，而每个主成分都对应一个权重，该权重的大小恰恰反映 A 中不同部分的相关性，可以通过对主成分的选取实现不同相关性波段信号的分离。将主成分按其权重大小排序，如果只取最大的一个或几个主成分，那么恢复后的图像相关性就很好；如果只取最小的一个或几个主成分，那么恢复后的信号相关性就很差。

它的基本原理是：对某一 n 个波段的多光谱图像实行一个线性变换，即对该多光谱图像组成的光谱空间 X 乘以一个线性变换矩阵 $\boldsymbol{A}$，产生一个新的光谱空间 Y，即产生一幅新的 n 个波段的多光谱图像。

其基本算法如下：

设有向量集 $\{X=X_i;\ i=1,\ 2,\ \cdots,\ N\} \in R^n$（$N$ 为变量个数），$E(X)$ 为 X 的数学期望，X 的协方差矩阵为 $\boldsymbol{C}$，$\boldsymbol{U}$ 是 $\boldsymbol{C}$ 的特征向量，按其特征值由大到小的顺序排列。

$$Y_i = \boldsymbol{U}X_i \tag{3.20}$$

为主成分。其中，$Y=\{Y_i;\ i=1,\ 2,\ \cdots,\ N\} \in R^n$。

ERDAS IMAGINE 提供的主成分变换功能最多可以对 256 个波段的图像进行变换。

选择 Interpreter | Spectral Enhancement | Principal Components 命令，打开 Principal Components 对话框（图 3.49）。

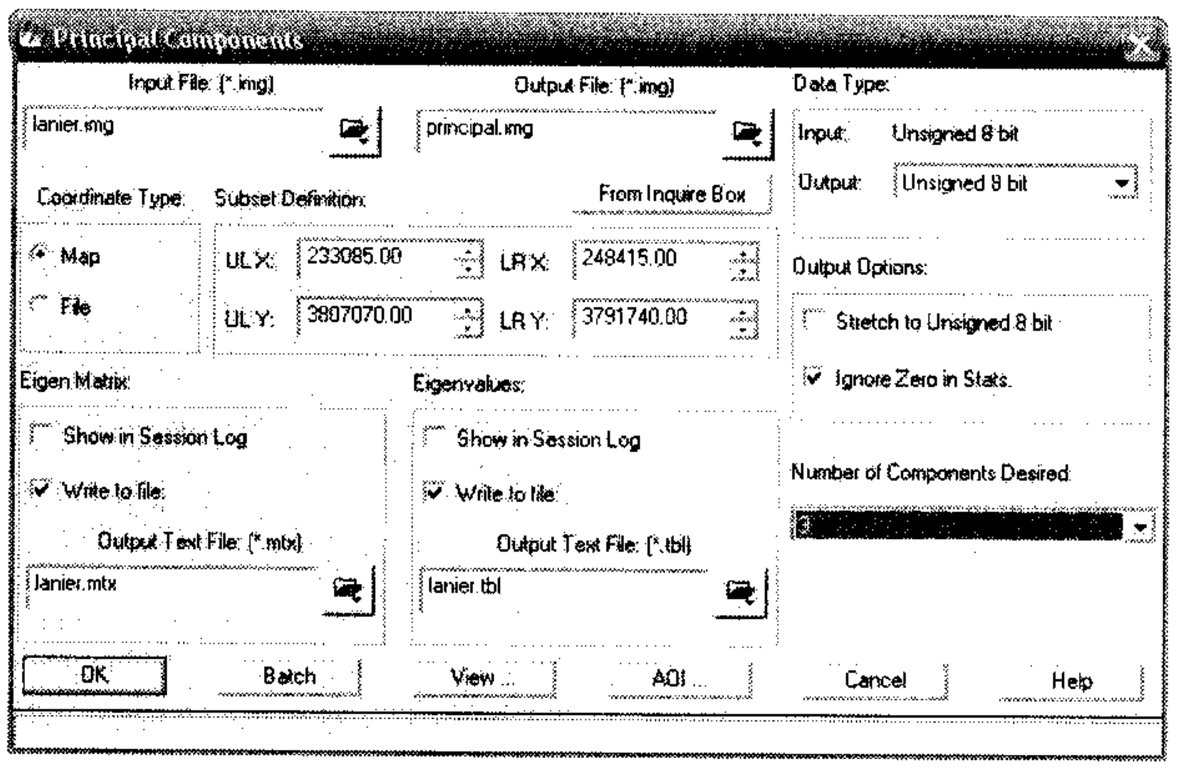


图 3.49 Principal Components 对话框

（1）选择处理图像文件（Input File）为 C：\ Program Files \ Leica Geosystems \ Geospatial Imaging 9.1 \ examples \ lanier.img。

（2）在 Output File 文本框中选择输出数据… \ Chp3 \ Tutor \ principal.img。

（3）Data Type：查看变换图像的数据类型及设置变换后图像的数据的输出类型。

(4) Coordinate Type：选择 Map。

(5) Subset Definition：定义变换区域，默认情况为整幅图像；UL X、UL Y、LR X、LR Y 分别表示变换区域左上角 X、Y 坐标和右下角 X、Y 坐标。

(6) From Inquire Box：由 Viewer 窗口的 Inquire Box 定义变换区域。

(7) Output Options：输出文件复选框，选中 Stretch to Unsigned 8 bit 表示将数据拉伸到 0～255，选中 Ignore Zero in Stats 表示对输出数据进行统计时忽略 0 值。

(8) Eigen Matrix：特征矩阵输出设置，选中 Show in Session Log 复选框表示需在运行日志中显示。选中 Write to file 复选框表示需写入特征矩阵文件，相应的，在 Output Text File 中输入特征矩阵文件存储路径以及名称，这里设为 lanier。

(9) Eigen Value：特征数据输出设置，选中 Show in Session Log 复选框表示需在运行日志中显示；选中 Write to file 复选框表示需写入特征矩阵文件，相应的，在 Output Text File 中输入特征矩阵文件存储路径以及名称，这里命名为 lanier。

(10) Number of Components Desired 下拉列表中选择 3。

(11) 单击 OK 按钮，执行主成分变换。

3.6 缨帽变换

1976 年，Kauth 和 Thomas 构造了一种新的线性变换方法——Kauth-Thomas 变换，简称 K-T 变换，形象地称为“缨帽变换”。缨帽变换旋转坐标空间，但旋转后的坐标轴不是指到主成分的方向，而是指到另外的方向，这些方向与地物有密切的关系，特别是与植物生长过程和土壤有关。缨帽变换既可以实现信息压缩，又可以帮助解译分析农作物特征，因此有很大的实际应用意义。目前这个变换主要用于 MSS 与 TM 两种遥感图像。

K-T 变换是对原图像的坐标空间进行平移和旋转，变换后新的坐标轴具有明确的景观含义，可与地物直接联系。变换公式为

$$Y = CX + a \tag{3.21}$$

式中：X 为变换前多光谱空间的像元矢量；Y 为变换后多光谱空间的像元矢量；C 为变换矩阵；a 为避免出现负值所加的常数。

(1) 选择 Interpreter | Spectral Enhancement | Tasseled Cap 命令，打开 Tasseled Cap 对话框（图 3.50）。

(2) 选择处理图像文件（Input File）为 C：\ Program Files \ Leica Geosystems \ Geospatial Imaging 9.1 \ examples \ lanier.img。

(3) 在 Output File 文本框中选择输出数据为… \ Chp3 \ Tutor \ tasseled.img。

(4) Sensor：选择传感器类型（依据数据来源，它直接决定变换系数表 TC Coefficients）。

(5) Coordinate Type：选择 Map。

(6) Subset Definition：定义变换区域，默认时为整幅图像；UL X、UL Y、LR X、LR Y 分别表示变换区域左上角 X、Y 坐标和右下角 X、Y 坐标。

(7) From Inquire Box：由 Viewer 窗口的 Inquire Box 定义变换区域。

(8) Data Type：查看变换图像的数据类型及设置变换后图像的数据的输出类型。

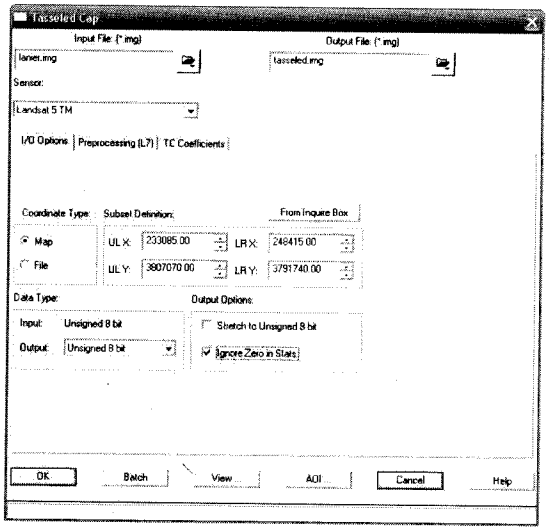


图 3.50　Tasseled Cap 对话框

(9) Output Options：选中 Stretch to Unsigned 8 bit 复选框和 Ignore Zero in Stats 复选框两选项。

(10) Preprocessing (L7) 标签：该对话框只对 Landsat 7 数据进行设置；这里选择默认设置。

(11) 打开 TC Coefficients 标签：该对话框的表格罗列了待变换图像每一层的系数。*.tcc 文件包含了一个系数矩阵，多出的一列称为 Additive；单击表格相应的位置，可以改变相应系数的值 (图 3.51)。

(12) 单击 OK 按钮执行缨帽变换。

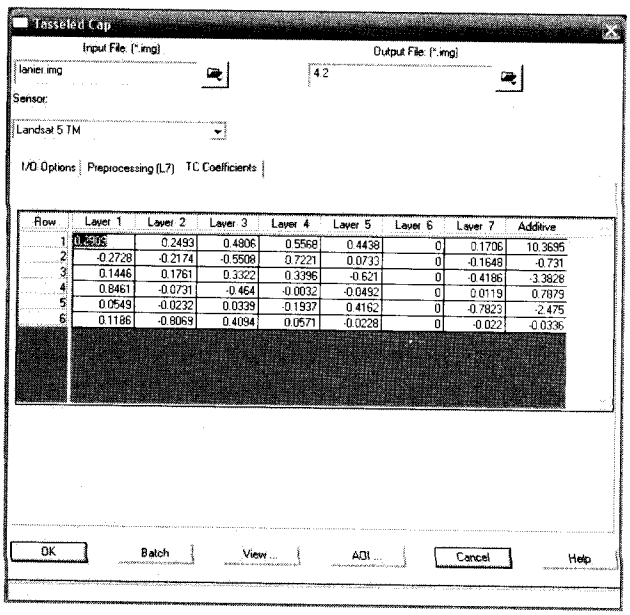


图 3.51　TC Coefficients 对话框

3.7 色彩增强

亮度值的变化可以改善图像的质量，但就人眼对图像的观察能力而言，一般正常人眼只能分辨20级左右的亮度级，而对彩色的分辨能力则可达100多种，远远大于对黑白亮度值的分辨能力。不同的彩色变换可大大增强图像的可读性。色彩变换(RGB to IHS)是将遥感图像从红(R)、绿(G)、蓝(B)三种颜色组成的彩色空间变换到以亮度(Intensity)、色度(Hue)、饱和度(Saturation)作为定位参数的彩色空间。亮度(I)、色度(H)、饱和度(S)模型不是基于色光混合来再现颜色的，但它表示的彩色与人眼看到的更为接近。其中，I表示整个图像的明亮程度，取值范围是0～1；H代表像元的颜色，取值范围是0～360；S代表颜色的纯度，取值范围是0～1。

(1) 选择 Interpreter | Spectral Enhancement | RGB to IHS 命令，打开 RGB to IHS 对话框(图3.52)。

(2) 选择处理图像文件(Input File)为 C:\Program Files\Leica Geosystems\Geospatial Imaging 9.1\examples\dmtm.img。

(3) 在 Output File 文本框中选择输出数据为…\Chp3\Tutor\rgb-ihs.img。

(4) Coordinate Type：选择 Map。

(5) Subset Definition：定义变换区域，默认时为整幅图像；UL X、UL Y、LR X、LR Y 分别表示变换区域左上角 X、Y 坐标和右下角 X、Y 坐标。

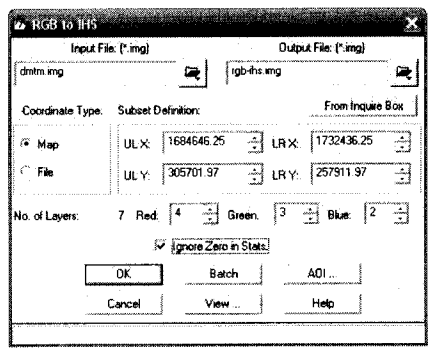


图3.52 RGB to IHS 对话框

(6) From Inquire Box 按钮：由 Viewer 窗口的 Inquire Box 定义变换区域。

(7) No. of Layers：显示待变换图像的层数。

(8) 确定参与色彩变换的3个波段：Red，4；Green，3；Blue，2。

(9) 选中 Ignore Zero in Stats 复选框。

(10) 单击 OK 按钮，执行色彩变换。

3.8 实例与练习

3.8.1 DEM 数据与遥感影像复合

1) 背景

非遥感数据与遥感数据复合是提高遥感影像解译精度的重要方法之一。彩色空间变换利用IHS(明度、色调和饱和度)色空间的特点，在信息融合方面取得了较好的效果。在遥感影像的处理中，它多用于多源影像的复合，将不同传感器获得的同一景物的影像或者是同一传感器获得的不同分辨率的影像经过色彩变换处理后，获得一幅合成影

像，提高图像的解译能力。

2）目的

熟练掌握 ERDAS IMAGINE 彩色变换和信息融合技术，利用该方法实现非遥感数据与遥感数据复合，从而达到图像增强的目的。

3）数据

试验数据位于随书光盘（…\Chp3\Ex1）。

（1）TM 影像（eldoatm. img）。

（2）DEM 数据（eldodem. img）。

4）要求

（1）色彩变换。

（2）用 DEM 数据替换 IHS 图像中的 H 分量。

（3）色彩逆变换，实现 DEM 数据与 TM 数据的融合。

5）实验步骤

流程如图 3.53 所示。

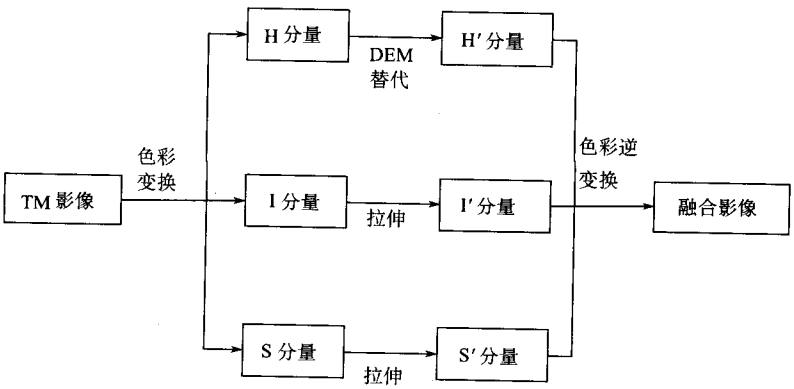


图 3.53　实验流程图

（1）色彩变换。

① 选择 Interpreter | Spectral Enhancement… | RGB to IHS…命令，打开 RGB to IHS 对话框。

② 选择处理图像文件（Input File）为…\Chp3\Ex1\eldoatm. img。

③ 在 Output File 选择输出文件保存的路径和文件名（如…\Chp3\Ex1\result\ihs. img）。

④ Coordinate Type：坐标系统类型，选择 Map。

⑤ Subset Definition：定义变换区域整幅图像。

⑥ 确定参与色彩变换的 3 个波段。

⑦ 选中 Ignore Zero in Stats 复选框。

⑧ 单击 OK 按钮，执行色彩变换（图 3.54）。

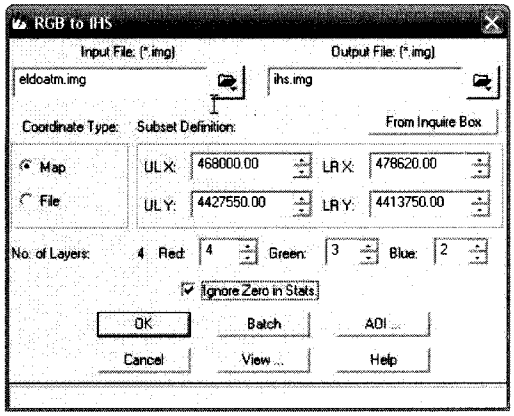


图 3.54　RGB to IHS 对话框

（2）用 DEM 数据替换 IHS 图像中的 H 分量。

由于明度 I 分量决定图像的空间分辨率，经常用在不同传感器影像的复合中，在变换中用高分辨率影像代替该分量，使得到的影像既具有较高的分辨率又具有丰富的光谱信息；S、H 分量包含图像的光谱信息，本实验用 DEM 代替其色调 H，以提高变换后的视觉效果。

由于 H 分量属于 IHS 图像的第二层，因此在利用 Layer Stack 命令重新生成图层时，保持 IHS 图像的第 1、3 层不变，在两者中间插入 DEM 数据，即可实现 DEM 数据对 IHS 图像中 H 分量的替换。在替换之前，首先对 DEM 数据进行拉伸处理，操作步骤如下：

选择 Main | Image Interpreter | Radiometric Enhancement | Histogram Equalization 命令，打开 Histogram Equalization 对话框，在 Histogram Equalization 对话框中如图 3.55 所示进行设置。

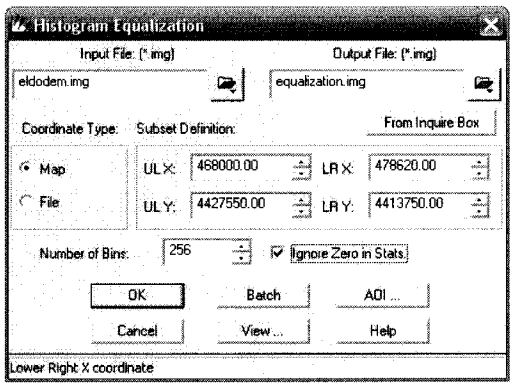


图 3.55　Histogram Equalization 对话框

对原始 DEM 数据进行拉伸处理后，利用 Layer Stack 命令，用拉伸后的 DEM 数据代替原始图像中的 H 分量，操作如下：

① 选择 Interpreter | Utilities | Layer Stack 命令，打开 Layer Selection and Stacking 对话框（图 3.56）。

② 选择要加载的文件。操作如下：首先打开 IHS 图像，在 Layer 中选择要加载的图层 1，单击 Add 命令加载，作为 I′。然后打开… \ Chp4 \ Ex1 \ result \ equalization. img 文件，在 Layer 中选择图层 1，单击 Add 命令加载，作为 H′。最后重新打开 IHS 图像，在 Layer 中选择要加载的图层 3，单击 Add 命令加载，作为 S′。

③ 在 Output File 中选择输出文件的路径和文件名（如… \ Chp3 \ Ex1 \ result \ newihs. img）。

④ 选中 Ignore Zero in Stats 复选框。

⑤ 单击 OK 按钮，执行 Layer Stack 命令。

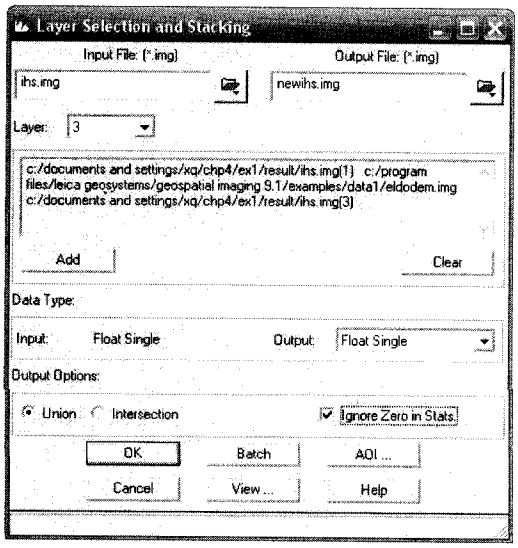


图 3.56 Layer Selection and Stacking 对话框

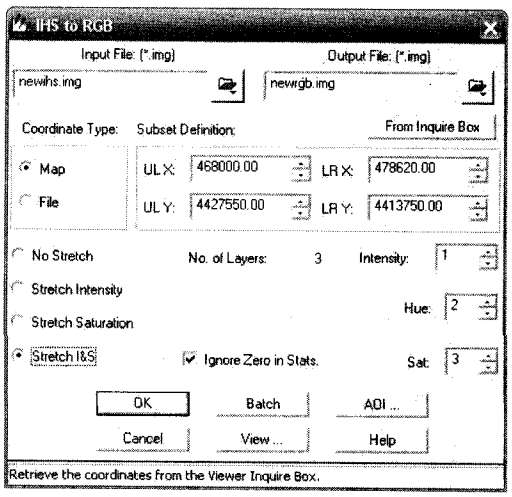


图 3.57 IHS to RGB 对话框

（3）色彩逆变换。

① 打开 IHS to RGB 对话框；选择 Interpreter | Spectral Enhancement | IHS to RGB 命令（图 3.57）。

② 选择处理图像文件（Input File）中选择在第二步中新生成的 IHS 图像。

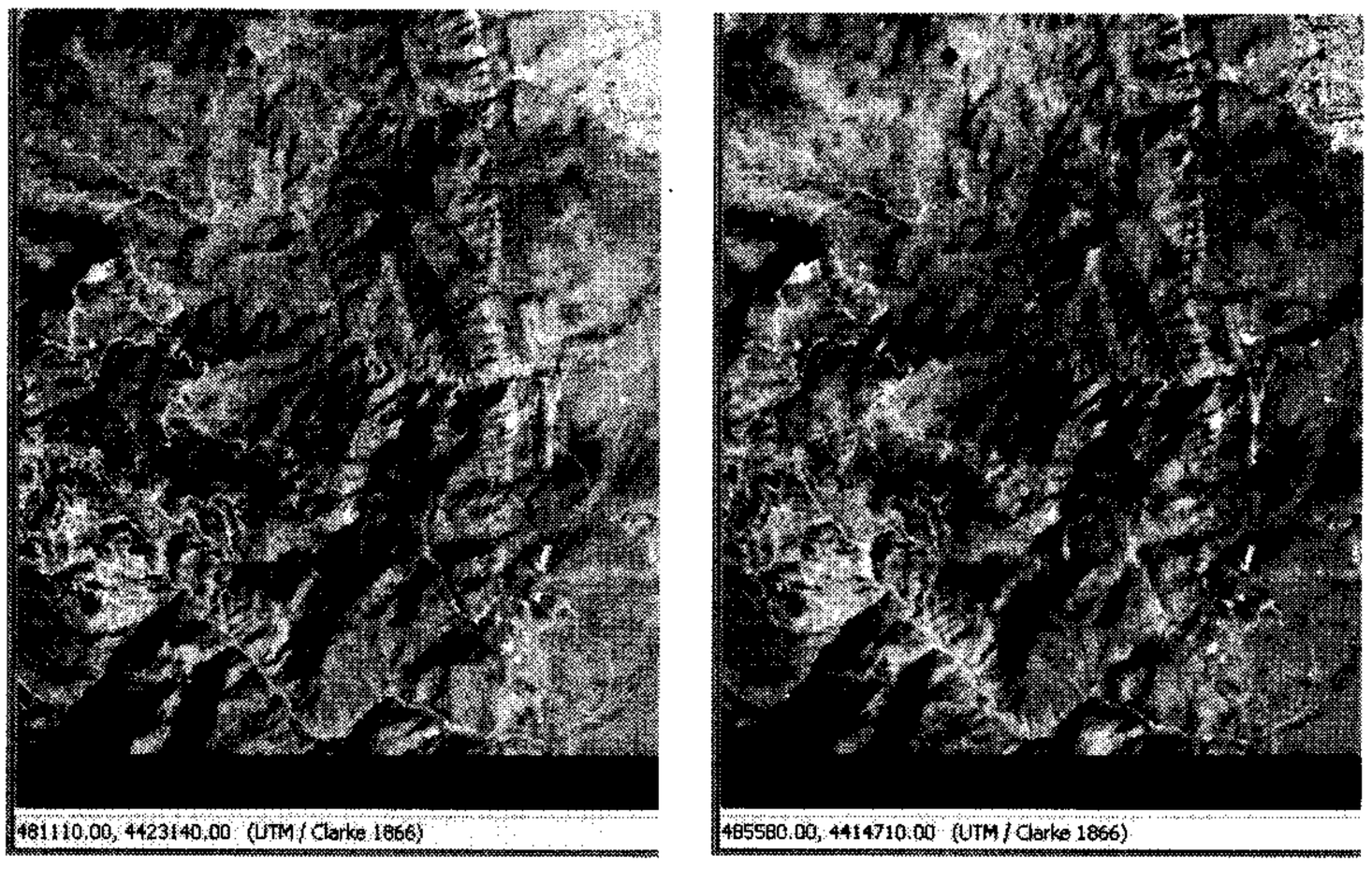
③ 在 Output File 中选择文件输出的路径和文件名（如… \ Chp3 \ Ex1 \ result \ newrgb. img）。

④ 选择 Stretch I&S 命令，对 I、S 两分量进行拉伸。

⑤ 选中 Ignore Zero in Stats 复选框。

⑥ 单击 OK 按钮，执行色彩逆变换。

变换后效果见图 3.58。



(a) 原始图像　　(b) 增强后图像

图 3.58　结果对比图

3.8.2　基于主成分分析的遥感图像模拟真彩色融合

1）背景

遥感图像融合的关键就是选择合适的融合方法，恰当的融合方法可在提高图像空间信息的同时，能很好地保持多光谱影像的光谱特性。如何在此基础上获得与地物色彩基本一致的逼真的自然色彩图像，一直是专业人士追求的目标。基于主成分变换法的模拟真彩色融合法不仅具有主成分分析融合法的光谱波段选择灵活和光谱信息损失小等优点，同时该方法还可获得逼真的自然色彩的融合图像，提高图像的融合效果。

2）目的

主成分分析法首先将具有多波段的多光谱图像经过 PCA 变换为多个独立的主成分，通常第一主成分包含有多个波段共同和唯一的光谱信息；其次将具有高分辨率的全色影像经过灰度拉伸，使其灰度的均值与方差和 PCA 变换的第一主成分图像一致；最后以拉伸过的高分辨率图像代替第一分量图像，经过主成分逆变换完成图像融合。主成分分析融合法，其最大优点是可以应用任意数目的波段。本练习要求能熟练运用主成分变换方法，实现对不同空间分辨率、时间分辨率和波谱分辨率的遥感图像进行综合、高效利用，以提高图像的解译效果。

3）数据

试验数据位于随书光盘（… \ Chp3 \ Ex2）。

（1）多光谱影像（多光谱 . img）。

（2）全色影像（全色 . img）。

4）要求

（1）主成分变换。
（2）用全色影像代替第一主成分，实现数据融合。
（3）主成分逆变换。
（4）自然色彩变换。

5）实验步骤

流程如图 3.59 所示。

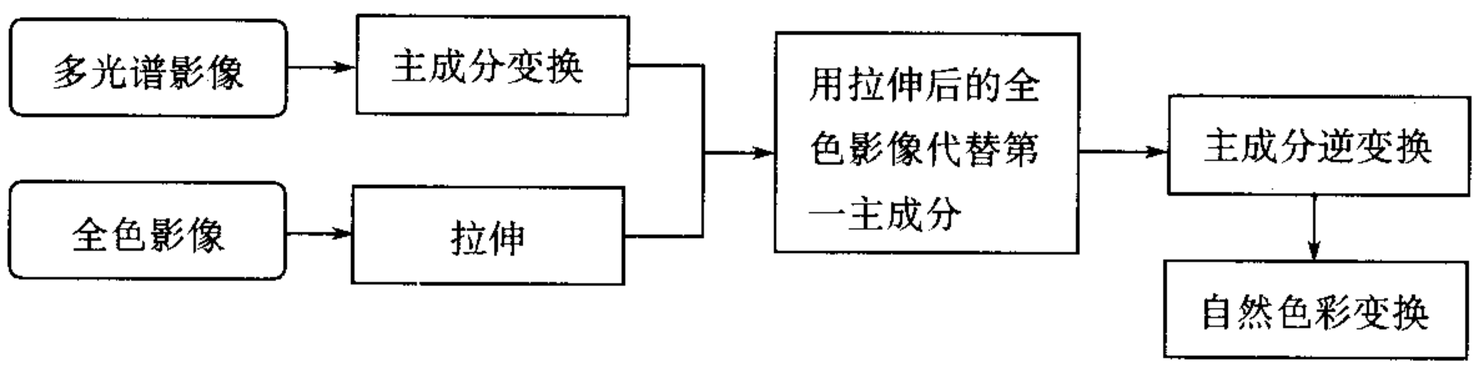


图 3.59　实验流程图

（1）主成分变换。

① 选择 Interpreter | Spectral Enhancement | Principal Components 命令，打开 Principal Components 对话框。

② 在 Principal Components 对话框按图 3.60 进行设置。

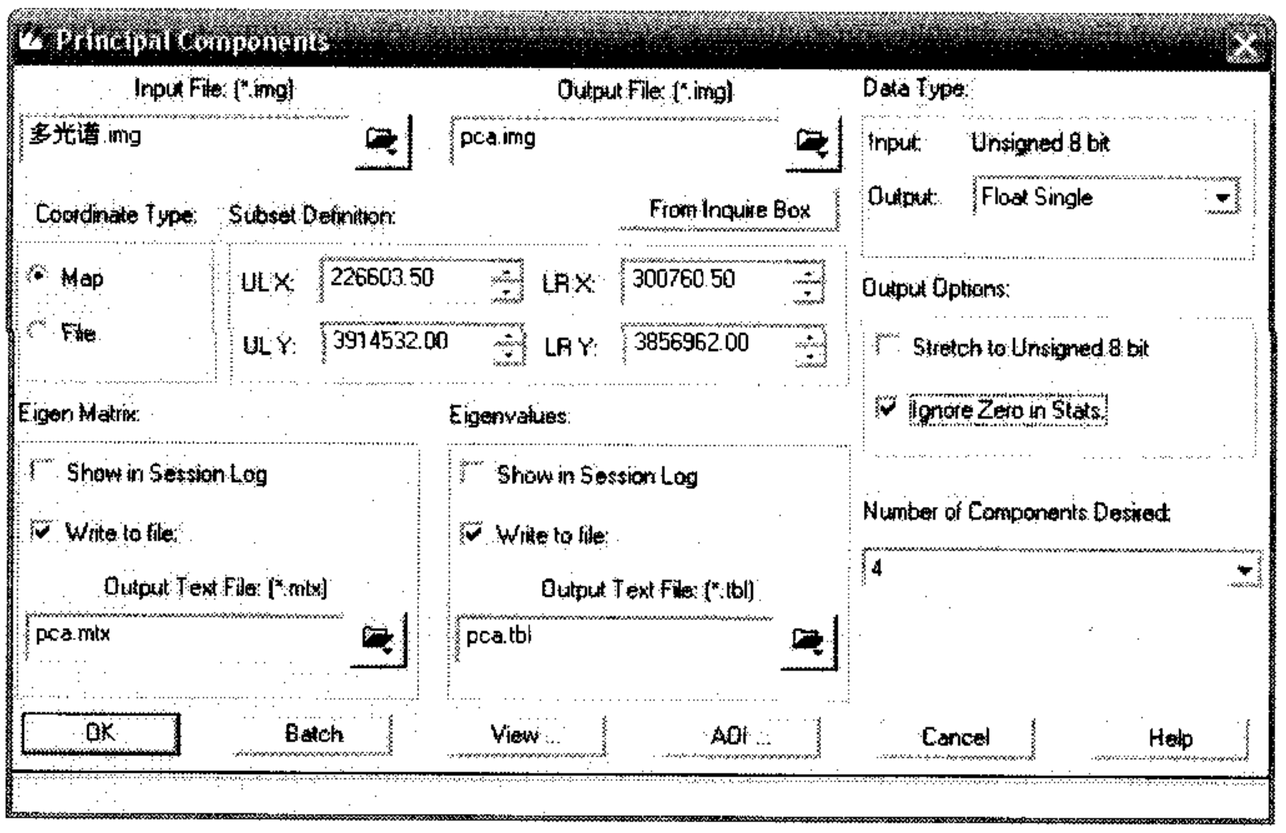


图 3.60　主成分变换

③ 单击 OK 按钮执行主成分变换。

（2）用全色影像代替第一主成分，实现数据融合。

在执行代替之前，首先对全色影像进行拉伸处理，选择 Main | Image Interpreter | Radiometric Enhancement | Histogram Equalization 命令，打开 Histogram Equalization 对话框，在 Histogram Equalization 对话框中，如图 3.61 所示进行设置。

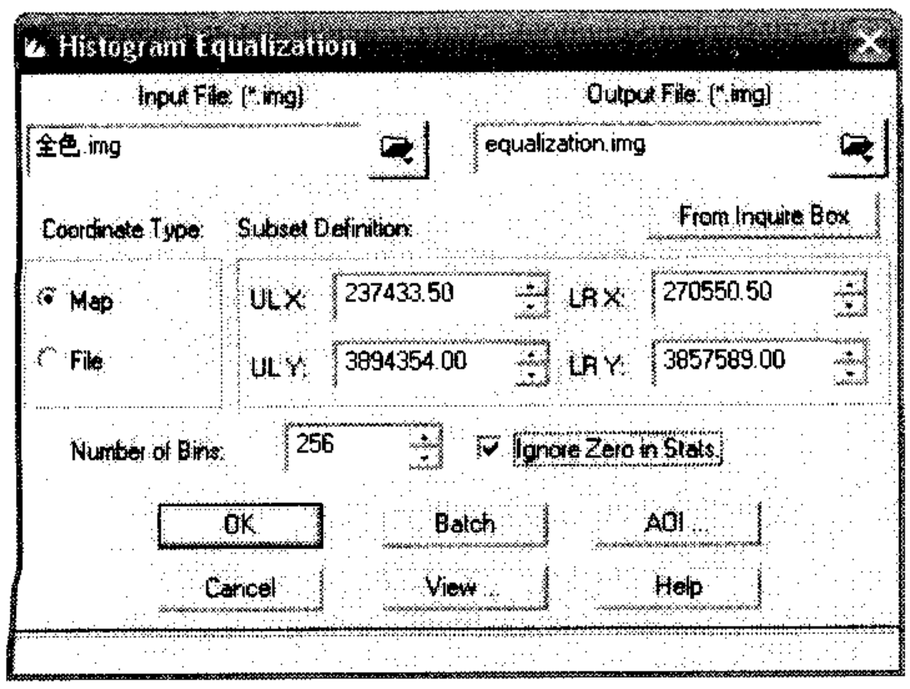


图 3.61　图像拉伸处理

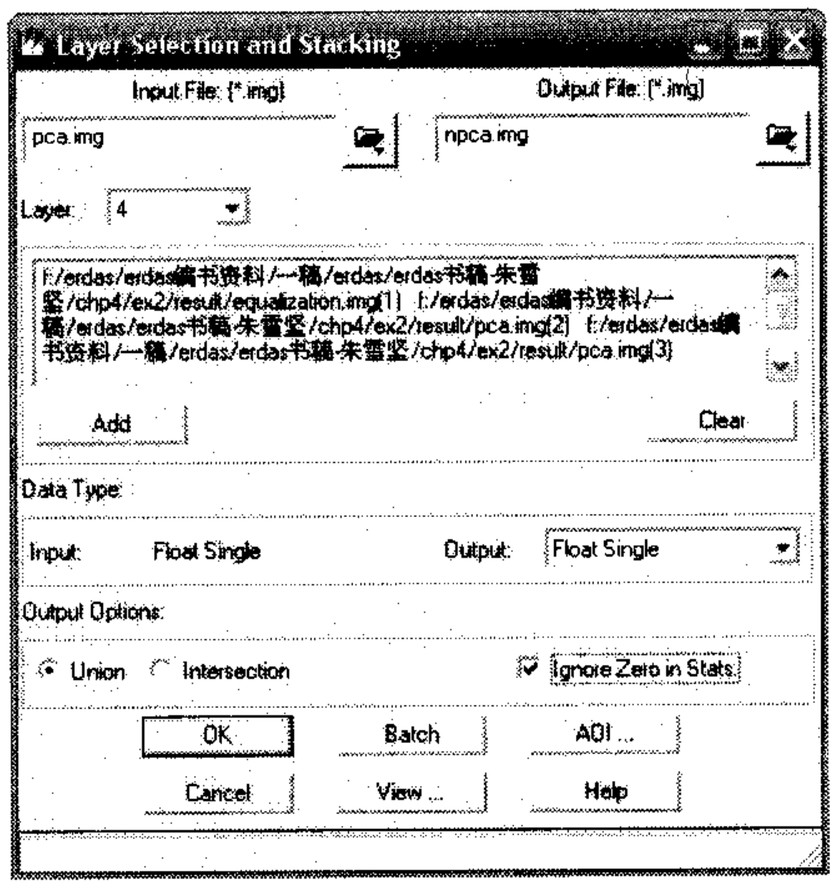


图 3.62　Layer Selection and Stacking 对话框

将执行过主成分变换的数据的第一主成分用经拉伸处理后的全色影像代替，其他主成分顺序不变；即通过 Layer Selection and Stacking 对话框，依次添加全色影像、第二成分、第三主成分、第四主成分，具体操作如下：

① 选择 Interpreter | Utilities | Layer Stack 命令，打开 Layer Selection and Stacking 对话框。

② 在 Layer Selection and Stacking 对话框如图 3.62 所示进行设置。

③ 单击 OK 按钮完成数据替换。

(3) 主成分逆变换。

通过执行主成分逆变换，完成全色影像与多光谱影像的融合，具体操作步骤如下：

① 选择 Interpreter | Spectral Enhancement | Inverse Principal Components 命令，打开 Inverse Principal Components 对话框。

② 在 Inverse Principal Components 对话框中如图 3.63 所示进行设置。

③ 单击 OK 按钮，执行主成分逆变换。

(4) 自然色彩变换。

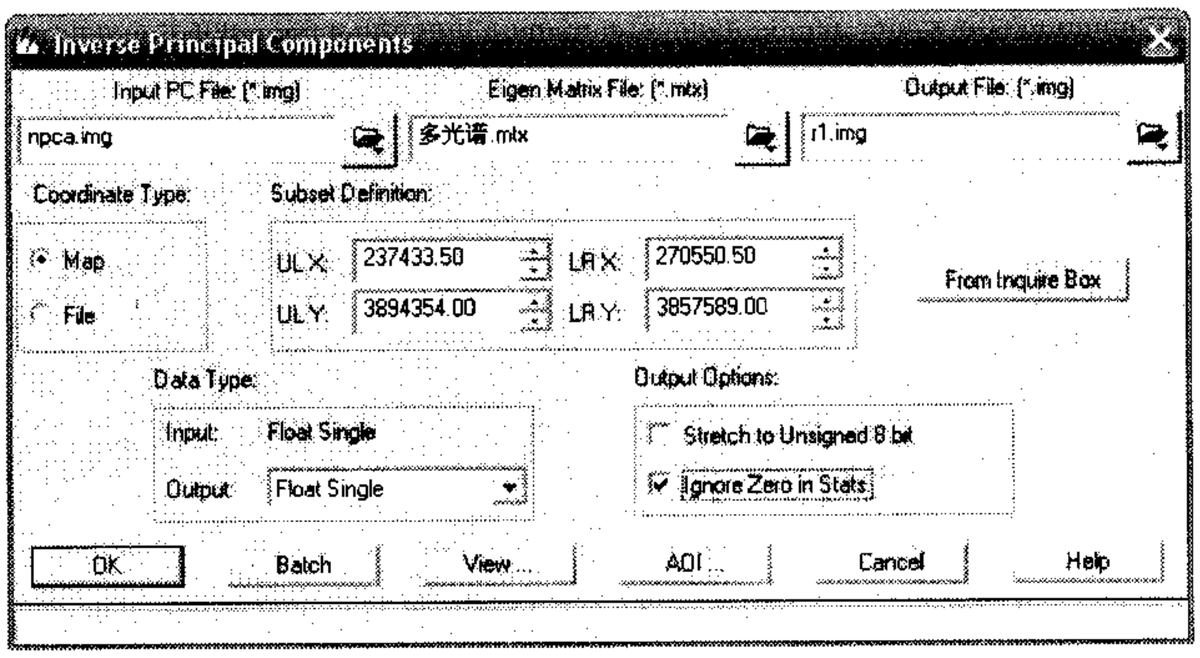


图 3.63　Inverse Principal Components 对话框

通过以上几步，得到了模拟真彩色的影像，通过自然彩色变换，对多波段数据进行交换运算，就能得到自然色彩图像，具体操作如下：

① 选择 Interpreter | Spectral Enhancement | Natural Color 命令，打开 Natural Color 对话框。

② 在 Natural Color 对话框中按图 3.64 所示进行设置。

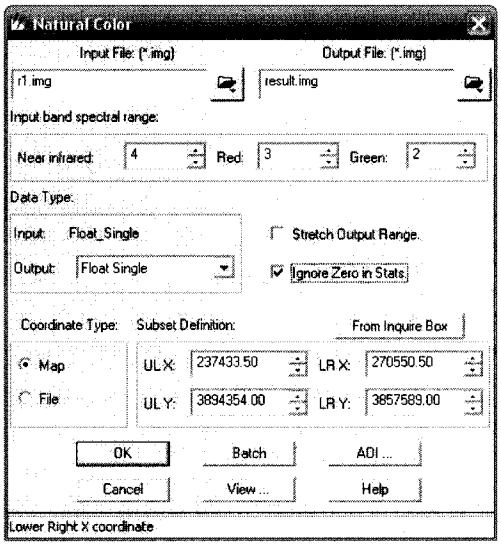
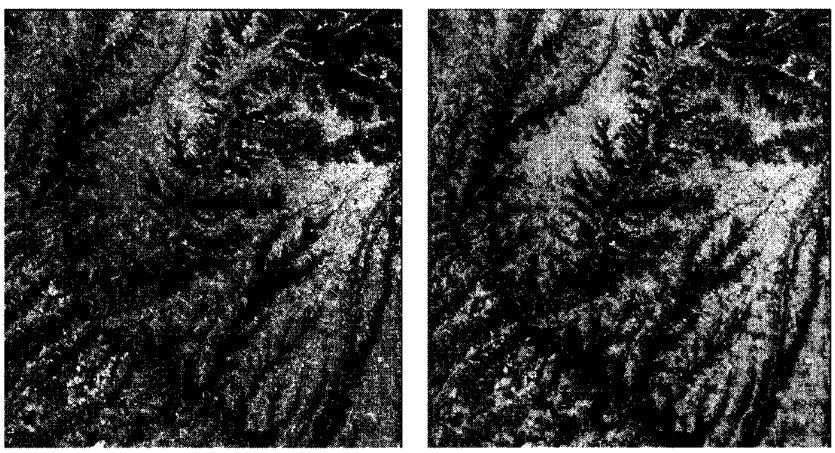


图 3.64　Natural Color 对话框

③ 单击 OK 按钮完成自然色彩变换。

变化后的图像见图 3.65。



(a) 原始图像　　(b) 变换后图像

图 3.65　效果对比图

第四章　图像分类

同类地物在相同的条件下（光照、地形等）应该具有相同或相似的光谱信息和空间信息特征。反之，不同类的地物之间具有这些差异。根据这种差异，将图像中的所有像素按其性质分为若干个类别（Class）的过程，称为图像的分类。在遥感应用中，通过遥感图像判读识别各种地物是一个主要的工作目的。无论是地物信息提取，动态变化监测，还是专题地图制作和遥感图像库的建立等都离不开分类。遥感图像的计算机分类，是对遥感图像上的地物进行属性的识别和分类，是模式识别技术在遥感技术领域中的具体运用。分类的目的是从图像中识别实际地物，进而提取地物信息，其过程实际上就是将图像中的每个像元点或区域归于若干个类别中的一类，或若干个专题要素中的一种，它将完成图像数据从二维灰度空间转换到目标模式空间的工作。图像分类结果是将图像空间划分为若干个子区域，每个区域代表一类地物。

根据是否需要分类人员事先提供已知类别及其训练样本，对分类器进行训练和监督，可将遥感图像分类方法划分为监督分类和非监督分类。这是分类中常用的方法，除此之外，本章还就近年来蓬勃发展的专家分类系统做一简单的介绍。

- 非监督分类。

先对分类过程不施加任何先验知识，仅凭像元的光谱特征，运用迭代自组织数据分析（ISODATA）算法，把一组像素按照相似性归成若干类别。

- 监督分类。

与非监督分类不同，监督分类是在对遥感图像上地物类别属性已经有了先验知识的基础上进行的，即要从图像中选取所要区分的各类地物的样本，建立模板再进行自动识别。

- 专家分类系统。

是模式识别和人工智能技术的产物。首先利用某一领域内专家的知识和经验建立知识库，然后依据分类目标提出假设，并制定支持假设的规则、条件和变量，最后运用知识库自动进行分类。

图像分类的基本过程如图 4.1 所示。

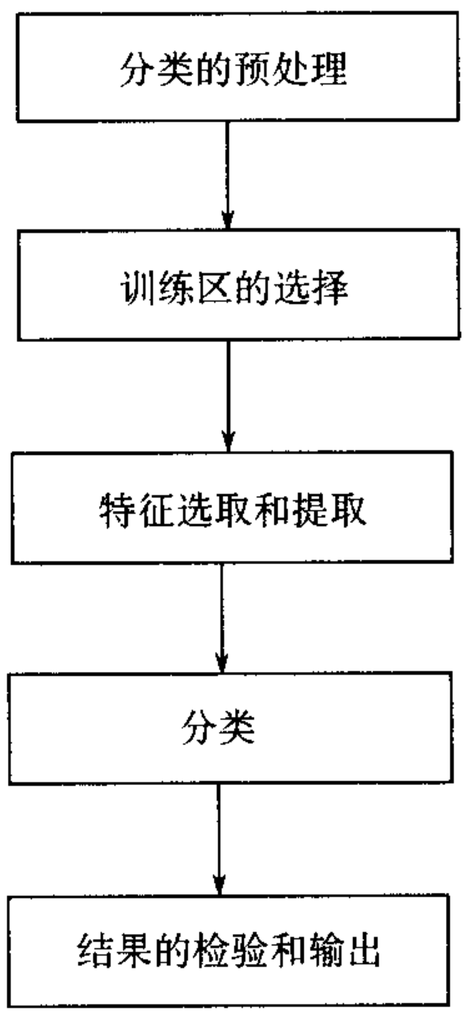


图 4.1　图像分类的一般过程

在 ERDAS IMAGINE 9.1 中分类操作涉及两个模块：分类模块（Classifier）和图像解译（Imagine Interpreter）。其中，分类模块（Classifier）模块可以完成图像的监督分类、非监督分类、专家分类、分类模板的定义、评价等操作，而在图像解译（Imagine Interpreter）中的 GIS Analysis 中可以进行聚类统计、过滤分析、去除分析和分类重编码等分类后处理的操作。本章将对这几部分进行较为详细的讲解。

4.1 非监督分类

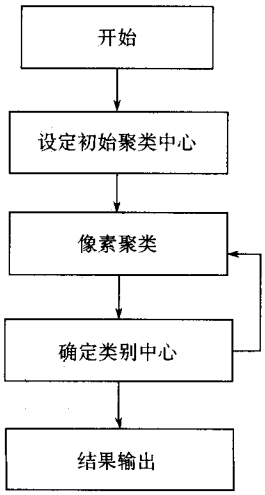


图 4.2 ISODATA 算法流程图

非监督分类的前提是假定遥感影像上同类地物在相同的条件下具有相同的光谱特征信息。非监督分类不需要先验类别知识的情况下，仅依靠影像本身的特征进行特征提取，根据统计特征及点群的分布情况来划分地物。ERDAS IMAGINE 9.1 的非监督分类是基于迭代自组织数据分析（ISODATA）算法实现的，算法的流程图如图 4.2 所示。

ISODATA 算法实现步骤：

（1）按照某个原则确定一些初始聚类中心。

在实际操作时，要把初始聚类设定得大些，同时引入各种参数控制迭代的次数。例如，选取 N_c 个类的初始中心 $\{Z_i;\ i=1,\ 2,\ \cdots,\ N_c\}$，求出图像的均值 M 和方差 σ，按照式（4.1）可求出初始聚类中心：

$$Z_i = M+\sigma\left(\frac{2(i-1)}{m-1}-1\right),\quad i=1,2,\cdots,N_c \tag{4.1}$$

（2）像素聚类与分析。

计算像素与初始类别中心的距离，把像素分配到最近的类别中，从而获得每个初始类别的集群成员。

（3）确定类别中心。

在全部像素按照各类中心分类后，重新计算每一类新的均值，并作为下一次分类的中心，并执行上一步，循环迭代，直到达到迭代的次数。

4.1.1 分类过程

运用非监督分类对遥感图像进行分类的过程，主要分为以下两个步骤：

1）启动非监督分类模块，选择输入、输出影像

（1）启动非监督分类模块有两个途径：

① 在 ERDAS 面板工具中选择 DATAPrep | Unsupervised Classification 命令，打开非监督分类对话框，如图 4.3 所示。

② 在 ERDAS 面板工具中选择 Classifier | Classification | Unsupervised Classification，打开非监督分类对话框，如图 4.4 所示。

（2）选择图像处理文件（Input Raster File）和输出文件（Output Cluster Layer Filename）设置被分类的图像和分类结果，并选择生成分类模板文件（Output Signature Set）产生一个模板文件。

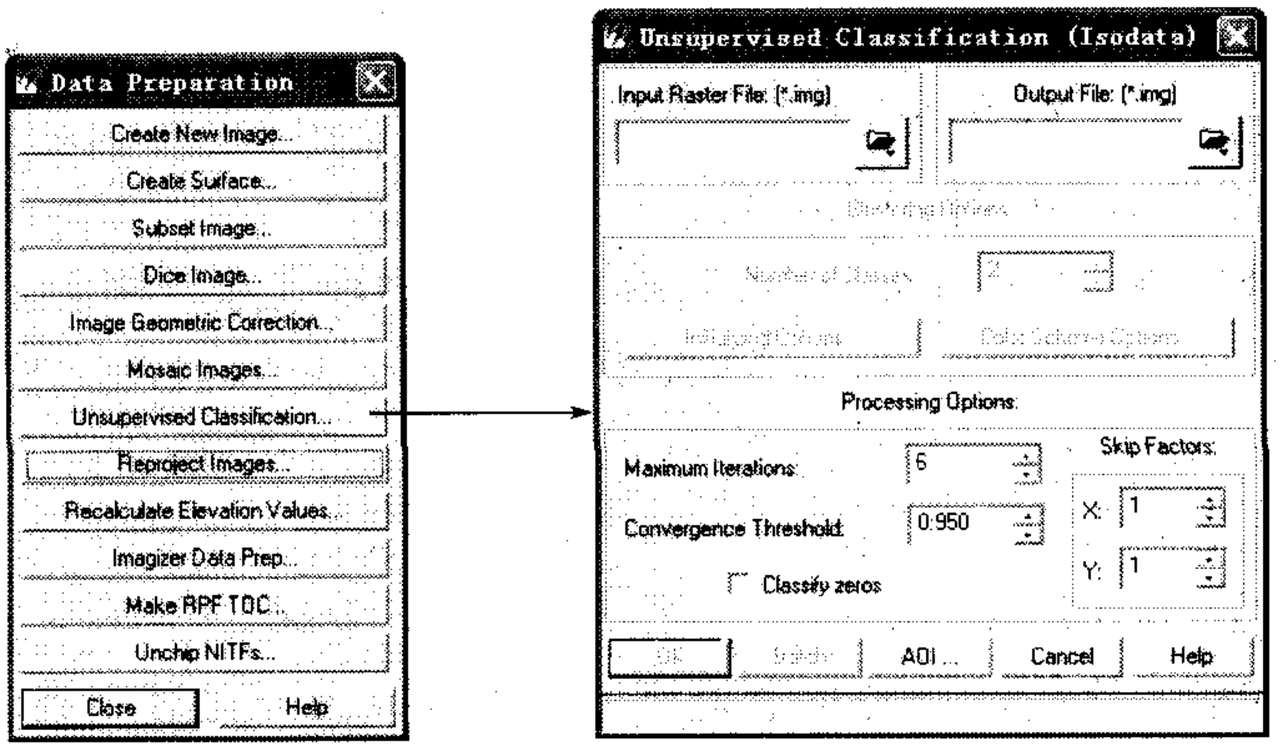


图 4.3　在 Data Preparation 中打开非监督分类对话框

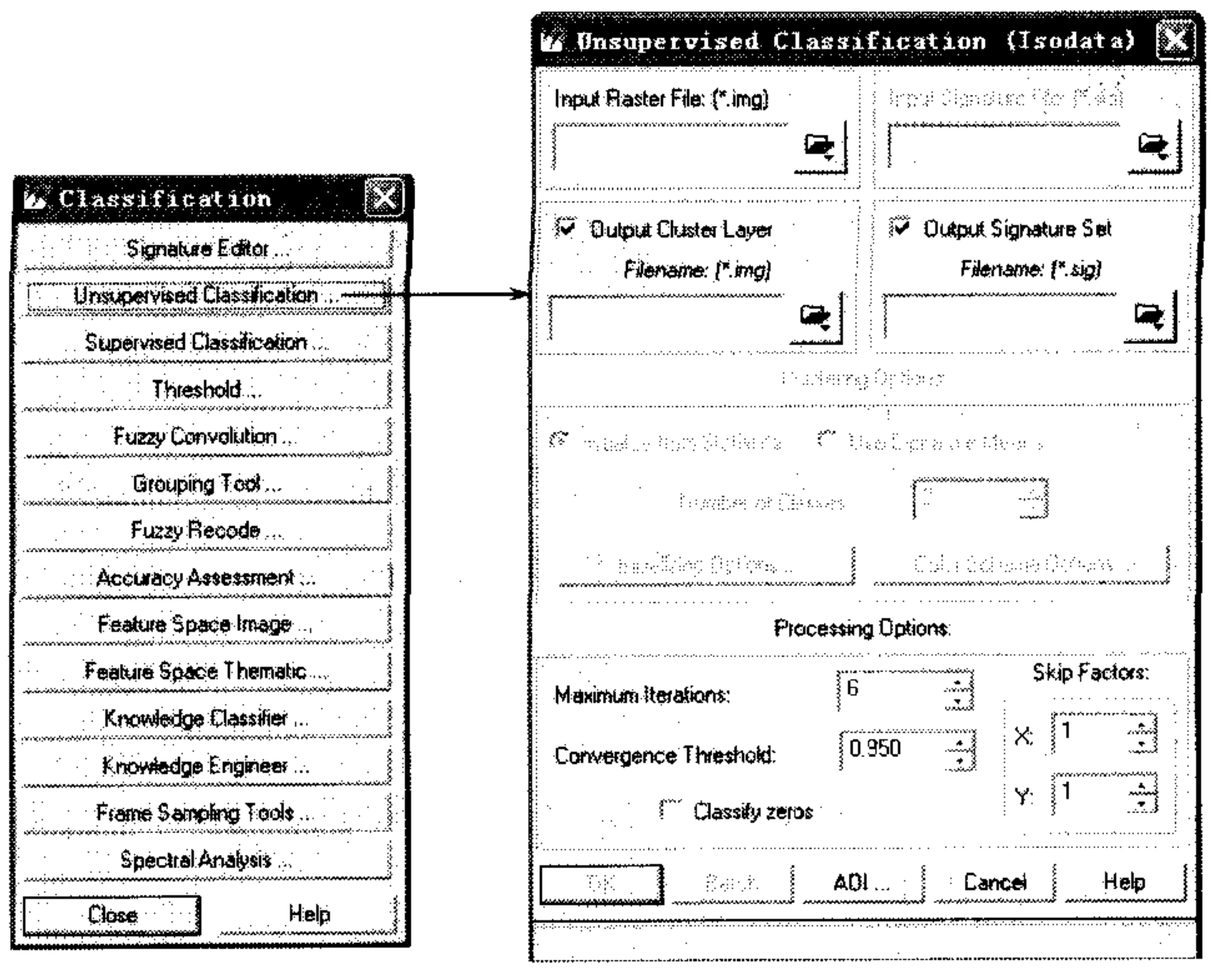


图 4.4　Classification 中打开非监督分类对话框

2）设置初始参数，执行非监督分类

在非监督分类对话框中分别设置聚类选项（Clustering Options）和处理选项（Processing Options）：

（1）选择 Classifier | Unsupervised Classification 命令，打开非监督分类对话框，如图 4.4 所示，设定输入输出数据，设置聚类选项（Clustering Options），确定初始聚类方法和分类数。

① 系统提供 Initial from Statistics 方法和 Use Signature Means，前者是按照图像的直方图统计值产生自由聚类，而后者是按照选定的模板文件进行分类，产生的类别数与模板的类别数一致。

② 确定初始分类数（Number of Classes），一般设置为最终分类数的两倍以上。例如，最终分类数是 6 类，则初始分类数一般超过 12 类。

③ 选择 Unsupervised Classification 面板中的 Initializing Options | File Statistics 选项，打开 File Statistics 选项窗口，在打开的窗口中设置 ISODATA 的统计参数：

Initializing Means Along 和 Scaling Range 分别为计算初始均值所沿的轴和度量范围。

④ 选择 Unsupervised Classification 面板中的 Color Scheme Options | Output Color Scheme Option，设置分类图像颜色属性。

（2）设置处理选项（Processing Options），确定循环次数和阈值。

① 在 Unsupervised Classification 面板中的 Processing Options 栏选定最大循环次数（Maximum Iterations），它指重新聚类的最大次数，为了避免运行程序时间太长或由于没达到聚类标准而造成的死循环，一般设置在 6 以上。

② 设置循环收敛阈值（Convergence Threshold），其值是指两次分类结果相比保持不变的像元所占的最大比例，目的在于避免 ISODATA 无限循环下去。

③ Skip Factor 为遍历窗口的大小。

④ 单击 OK 按钮，执行非监督分类。

4.1.2 分类评价

在执行非监督分类后，一个重要的工作就是分类评价，检查分类结果的精度调整分类方案。具体步骤如下：

（1）打开原始图像和分类后的图像。

点击 ERDAS | Viewer 面板，先后打开原始图像和分类后的图像，在打开分类结果图像时，在 Raster Option 选项卡中取消选中的 Clear Display 复选框，保证两幅图像叠加显示。

（2）设置各类别的颜色。

如果分类后的图像是灰度显示的，其灰度由系统自动赋予，需要设置各类别的颜色，以增加图像的直观表达效果。

① 打开 Raster Attribute Editor 对话框。

在工具条单击 按钮（或者单击 Raster | Tools），打开 Raster 工具面板，单击 按钮（或者选择 Raster | Attributes），打开 Raster Attribute Editor 对话框，如图 4.5所示。

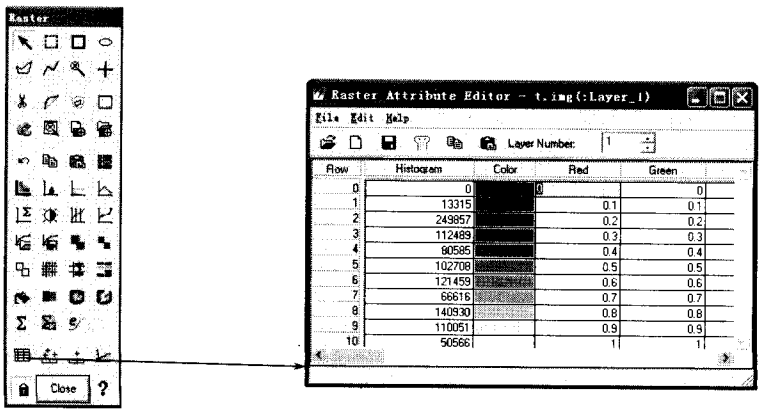


图 4.5 在 Raster 面板工具打开 Raster Attribute Editor 对话框

② 调整字段显示顺序。

为了方便最先查阅重要的字段，经常需要调整字段显示顺序。在 Raster Attribute Editor 窗口，选择 Edit 菜单 | Column Properties 命令，打开 Column Properties 对话框，如图 4.6 所示，在 Columns 列表框中选择字段，通过 Up、Down、Top、Bottom 按钮调整其在属性表的显示顺序。

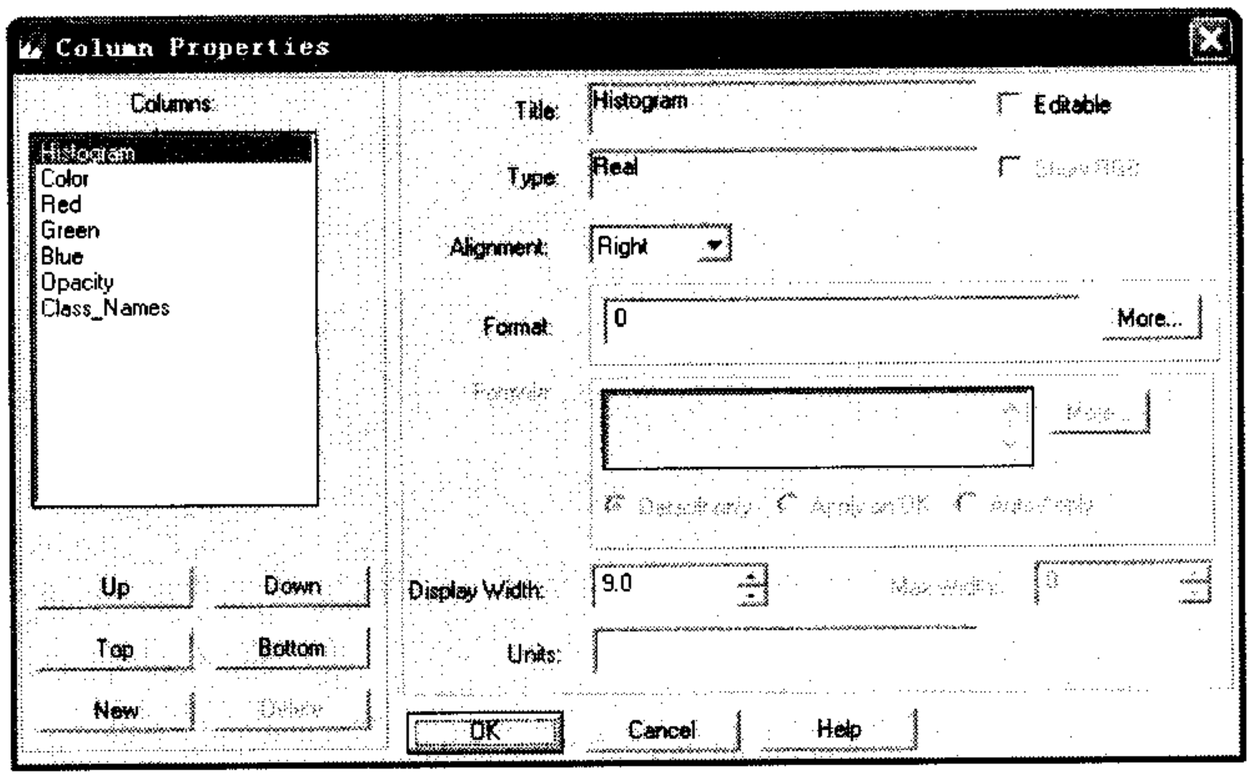


图 4.6　Column Properties 对话框

③ 设置颜色。

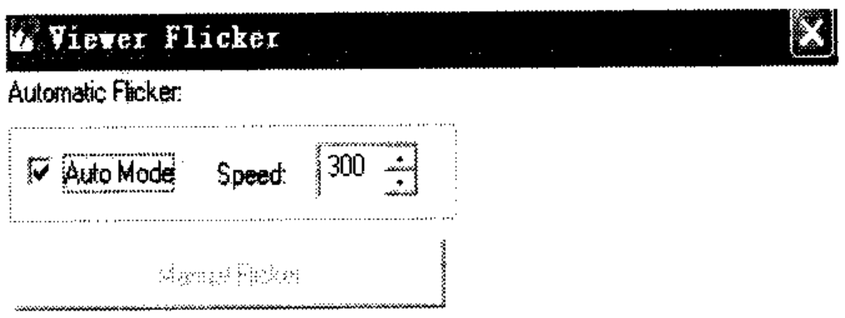
同上，在 Raster Attribute Editor 对话框中单击某一类别的 Color 字段，在弹出的 As Is 中选择合适的颜色。

(3) 确定类别精度并标注类别。

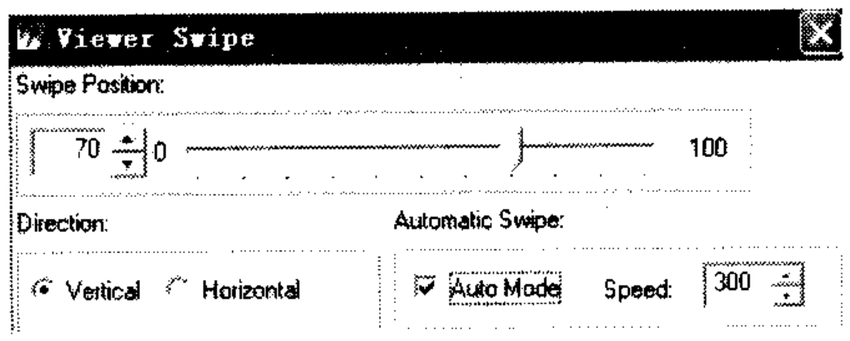
已经得到了分类的结果，但是类别的精度和专题意义均未确定，确定类别的精度和专题意义分以下步骤完成：

① 确定类别意义和精度。

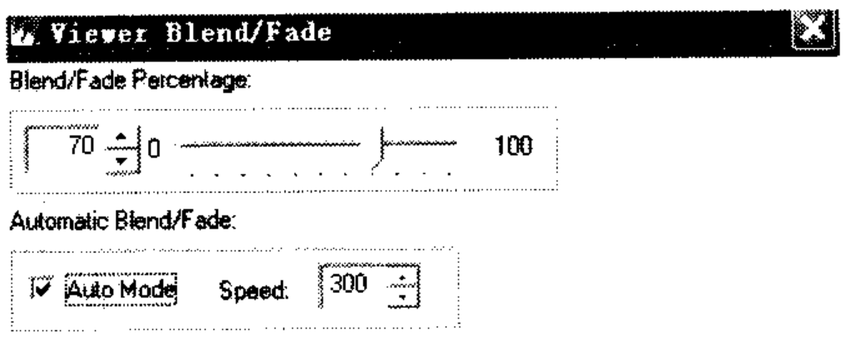
由于分类结果覆盖在原图像之上，不便于进行单个类别的意义和精度的确定，因此要把不参与比较的类别设为透明，参与比较的类别设为不透明。在 Raster Attribute Editor 对话框中，点击 Opacity 字段名，从而进入可编辑状态，依据需要输入 0（即为透明）或 1（即为不透明）。此时便可进行类别意义和精度的确定，通过在 Utility 菜单下设置分类结果在原始图像背景上闪烁（Flick）、卷帘显示（Swipe）或混合显示（Blend），选择 Auto Mode 便可进行判别，如图 4.7 所示。



(a) Viewer Flicker对话框



(b) Viewer Swipe对话框



(c) Viewer Blend/Fade对话框

图 4.7　三种叠合显示方式

② 标注类别名称和颜色。

在判断类别后就要在属性表标注分类名称。

② 调整字段显示顺序。

为了方便最先查阅重要的字段，经常需要调整字段显示顺序。在 Raster Attribute Editor 窗口，选择 Edit 菜单 | Column Properties 命令，打开 Column Properties 对话框，如图 4.6 所示，在 Columns 列表框中选择字段，通过 Up、Down、Top、Bottom 按钮调整其在属性表的显示顺序。

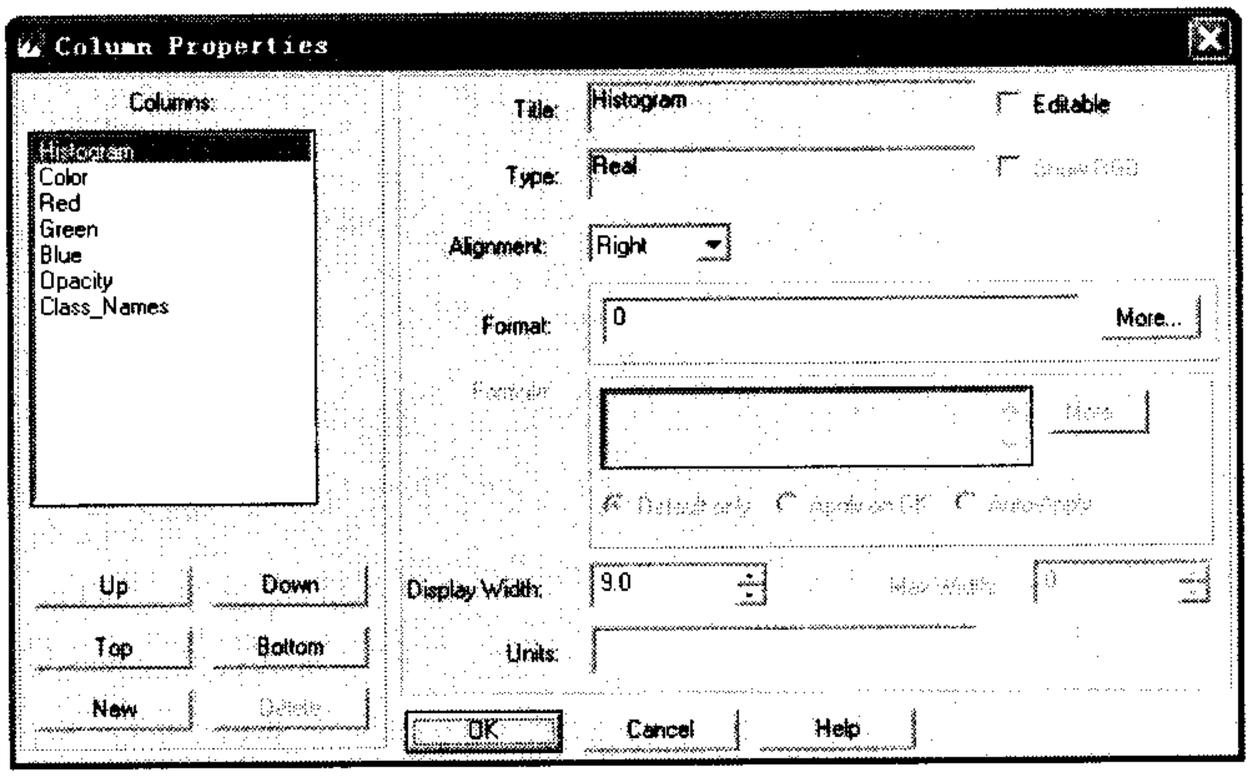


图 4.6　Column Properties 对话框

③ 设置颜色。

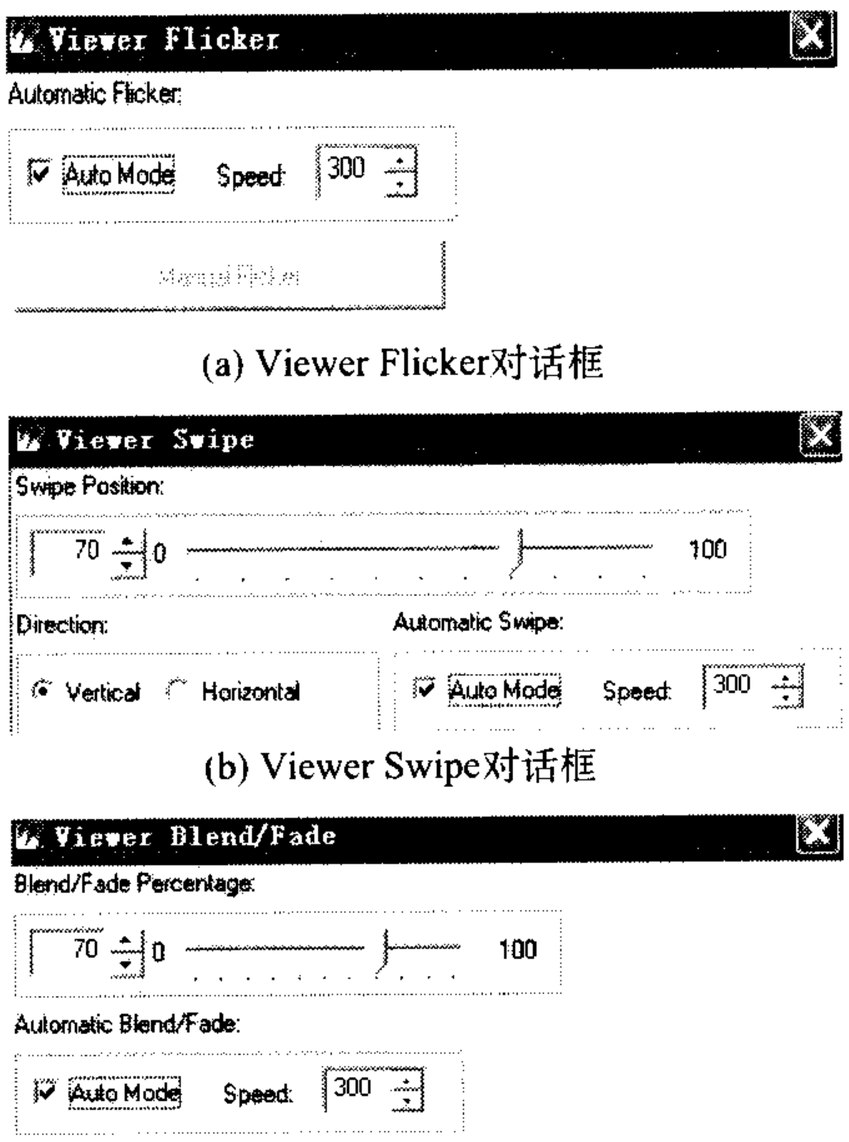
同上，在 Raster Attribute Editor 对话框中单击某一类别的 Color 字段，在弹出的 As Is 中选择合适的颜色。

（3）确定类别精度并标注类别。

已经得到了分类的结果，但是类别的精度和专题意义均未确定，确定类别的精度和专题意义分以下步骤完成：

① 确定类别意义和精度。

由于分类结果覆盖在原图像之上，不便于进行单个类别的意义和精度的确定，因此要把不参与比较的类别设为透明，参与比较的类别设为不透明。在 Raster Attribute Editor 对话框中，点击 Opacity 字段名，从而进入可编辑状态，依据需要输入 0（即为透明）或 1（即为不透明）。此时便可进行类别意义和精度的确定，通过在 Utility 菜单下设置分类结果在原始图像背景上闪烁（Flick）、卷帘显示（Swipe）或混合显示（Blend），选择 Auto Mode 便可进行判别，如图 4.7 所示。



(a) Viewer Flicker对话框

(b) Viewer Swipe对话框

(c) Viewer Blend/Fade对话框

图 4.7　三种叠合显示方式

② 标注类别名称和颜色。

在判断类别后就要在属性表标注分类名称。

在 Raster Attribute Editor 窗口中，点击 Class Name 字段需要修改的类别，进入可输入状态，输入该类别的名称即可。同时，可按照步骤（2）设置颜色的方法设置。

（4）分类方案的调整。

经过以上步骤后，如果得到满意的分类结果，非监督分类即可结束。否则需要调整分类方案，进行分类后处理（详见 4.4 节），如果由于给定的初始类别数量多，则需要类别的合并操作，形成新的分类方案，仍需按以上步骤设置类别颜色和确定类别精度并标注类别。

4.2 监督分类

不同于非监督分类，监督分类基于先验知识，根据训练场提供的样本选择特征参数，建立判别函数，对待分类点进行分类。训练场地的选择是监督分类的关键，在监督分类中由于训练样本的不同，分类结果会出现极大的差异，因此应选取有代表性的样本，用于监督分类的训练样本应该是光谱特征比较均一的地区，在图像中根据均一的色调估计只有一类地物，且一类地物的训练样本可以选取一块以上。此外，用做样本的数目至少能满足建立分类用判别函数的要求，对于光谱特征变化比较大的地物，训练样本要足够得多，以反映其变化范围。一般情况下，要得到可靠的结果，每类至少选择10～100 个训练样本。

监督分类的判别规则可以分为无变量和有变量两种。其中，无变量包括特征空间、平行六面体，有变量包括最大似然、最小距离和马氏距离。当然，非参数规则与参数规则可以同时使用，但要注意应用范围，例如，非参数规则只能应用于非参数型模板，对于参数型模板，要使用参数型规则。另外，如果使用非参数型模板，还要确定叠加规则（Overlay Rule）和未分类规则（Unclassified Rule）。各个判别规则的原理如下。

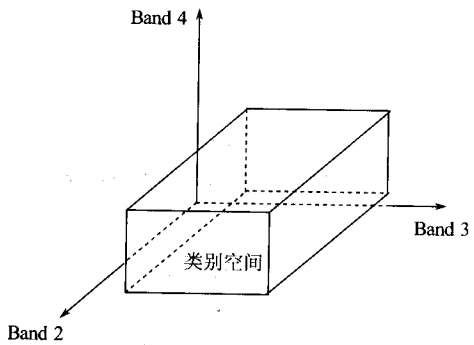


图 4.8 平行六面体构成的类别空间

1）平行六面体法

在多波段遥感图像分类过程中，对于被分类的每一个类别，在各个波段维上都要选取一个变差范围的识别窗口，形成一个平行六面体（图 4.8）。属于这一类别的所有空间点，都落在这一多维的平行六面体。如果有多个类别，则形成多个平行六边形，所有属于各个类别的多维空间点也分别落入各自的多维平行六面体空间。

2）最大似然

它是应用最广泛的监督分类方法，分类中所采用的判别函数是每个像元值属于每一类别的概率或可能性。实际计算中常采用经过对数变换的形式

$$g_i(x) = \ln P(w_i) - \frac{1}{2}\ln(S_i) - \frac{1}{2}(x - M_i)^{\mathrm{T}} S^{-1}(x - M_i) \qquad (4.2)$$

其中，$P(w_i)$ 是每一类（w_i）在图像中的概率，在事先不知道 $P(w_i)$ 是多少的情况下，可以认为所有的 $P(w_i)$ 都相同，即 $P(w_i)=\frac{1}{m}$，m 为类别类。S_i 为第 i 类的协方差矩阵，M_i 为该类的均值向量，这些数据来源于由训练组所产生的分类统计文件。对于任何一个像元值 x，其在哪一类中的 $g_i(x)$ 最大，就属于哪一类。最大似然法分类的分类精度高，但分类过程复杂，计算时间较长。

3）最小距离

由训练组数据得出每一类别的均值向量及标准差向量，然后以均值向量作为该类在多维空间中的中心位置，计算输入图像中每个像元到各类中心的距离。到哪一类中心的距离最小，则该像元就归入哪一类。因而，在这类方法中距离就是一个判别函数。

4）马氏（Mahalanobis）距离

其表达式为

$$d_i(x_k)=(x_k-M_i)^{\mathrm{T}}\left(\sum\nolimits_i\right)^{-1}(x_k-M_i) \tag{4.3}$$

$$x_k=(x_{k1},x_{k2},\cdots,x_{kN})^{\mathrm{T}} \tag{4.4}$$

$$M_i=(M_{i1},M_{i2},\cdots,M_{iN})^{\mathrm{T}} \tag{4.5}$$

$$\sum\nolimits_i=\begin{vmatrix}\sigma_{11} & \sigma_{12} & \cdots & \sigma_{1N}\\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \cdots & \sigma_{2N}\\ \vdots & \vdots & & \vdots\\ \sigma_{m1} & \sigma_{m2} & \cdots & \sigma_{mN}\end{vmatrix} \tag{4.6}$$

$\boldsymbol{S}_i$ 为 $\boldsymbol{I}$ 集群之协方差矩阵，其协方差为

$$\sigma_{jl}=\frac{\sum\limits_{k=1}^{n_i}(x_{kj}-M_{ij})(x_{kl}-M_{il})}{n_i(n_i-1)} \tag{4.7}$$

与前两种距离不同，马氏距离是一种加权的欧氏距离，它是通过协方差矩阵来考虑变量相关性的。这是由于在实际中，各集群的形状是大小和方向各不相同的椭球体，如图 4.9 所示，尽管 K 点距 M_A 的距离 D_A 比距 M_B 的距离 D_B 小，即 $D_A<D_B$，但由于 B 集群比 A 集群离散得多，因而把 K 点划入 B 类更合理。加权可以这样理解，当集群方差越大时，$\boldsymbol{S}_i^{-1}$ 就越小，$d_i(x_k)$ 就越短，因而就越易把 K 分入该类，当 $S=\boldsymbol{I}$（单位阵）时，马氏矩阵就是欧氏矩阵的平方，即

$$d_i^2(x_k)=(x_k-M_i)^{\mathrm{T}}(x_k-M_i) \tag{4.8}$$

在监督分类中由于训练场地是人为选取的，可能不包括所有的自然地物类别，因此在分类后可能留下无类可归的像元。有两种方法解决：一是将无类可归的像元组成一个未知类；二是按最近距离原则划归到已知类中。在 ERDAS IMAGINE 9.1 中完成监督分类具体分为以下步骤：定义分类模板、评价分类模板、执行监督分类和评价分类结果。

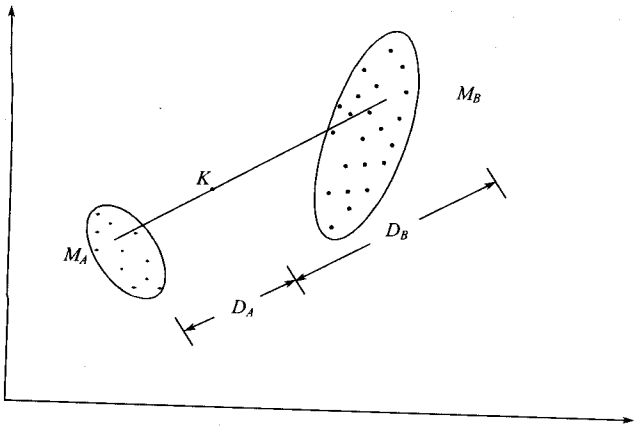


图 4.9　马氏距离

4.2.1　定义分类模板

定义分类模板操作包括分类模板的生成、管理、评价和编辑等，功能主要由分类模板编辑器（Signature Editor）完成，具体步骤包括：

1）打开需要分类的影像

点击 ERDAS | Viewer 面板，打开需要进行分类的图像，并在 Raster Option 中设置 Red | Green | Blue 分别为 BAND4 | BAND5 | BAND3（以 landsat 为例），选择 Fit to Frame。

2）打开分类模板编辑器

打开方法有两种：

（1）选择 Classifer 图标 | Classification | Signature Editor 命令，打开分类模板编辑器（Signature Editor）对话框，如图 4.10 所示。

（2）在 ERDAS 图标面板菜单条上，选择 Main | Image Classification | Classification | Signature Editor 命令，打开分类模板编辑器（Signature Editor）。

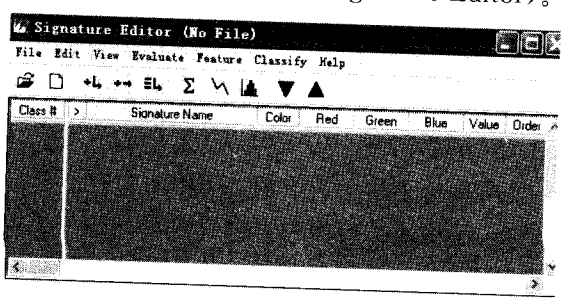


图 4.10　Signature Editor 对话框

3）调整属性字段

在分类编辑窗口中的分类属性表中有很多字段，可以对不需要的字段进行调整。选择分类编辑窗口的View | Column，打开 View Signature Columns 对话框（图 4.11），选中需要显示的字段（选中多个时按住 Shift 键），单击 Apply 按钮，显示发生变化，单击 Close 按钮完成。

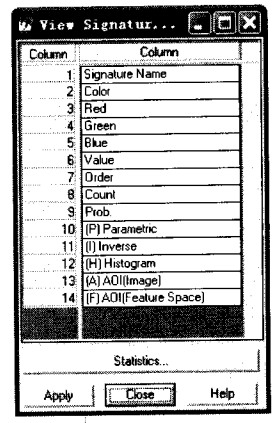


图 4.11 View Signature Columns 对话框

4）选取样本

基于先验知识，需要对遥感图像选取训练样本，包括产生 AOI、合并、命名，从而建立样本。考虑到同类地物颜色的差异，因此在采样过程中对每一地类的采样点（即 AOI）不少于 10 个。选取样本包括产生 AOI 和建立分类模板两个步骤。

（1）产生 AOI 的方法有 4 种。

① 应用 AOI 绘图工具在原始图像上获取。

打开 Raster 工具面板，选择 按钮，进入 AOI 绘制状态，在窗口中选择一种典型地物训练样地，绘制一个多边形 AOI。

② 应用 AOI 扩展工具获取。

应用 AOI 扩展工具生成 AOI 的起点是一个种子像元，与该像元相邻的像元如果符合约束条件（空间距离、光谱距离等小于某一阈值），则与种子像元一起组成新的种子像元组，并重新计算平均值，再进行下一步的判断。因此应用 AOI 扩展工具生成 AOI 首先必须设置种子像元特征，步骤如下：

i. 单击 Viewer | AOI | Seed Properties 命令，打开 Region Growing Properties 对话框，如图 4.12 所示。

ii. 设置相邻像元扩展方式，即在 AOI 区域周围搜索相近像元的方式，可以选择周围 4 个方向进行搜索，也可以选择向周围 8 个方向进行搜索。

iii. 设置约束条件，设置最大可搜索的像元面积或者最大可搜索的像元距离。

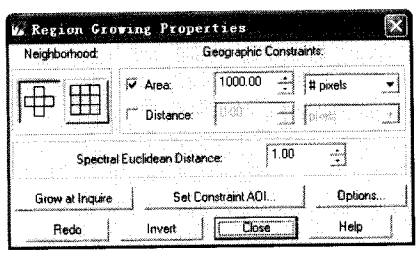


图 4.12 Region Growing Properties 对话框

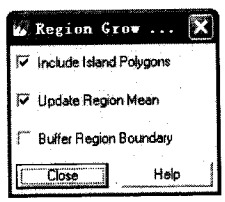


图 4.13 Region Grow Options 对话框

iv. 设置光谱距离。Region Grow Option 对话框（图 4.13）对应于 Region Growing

Properties 面板中的 Options 按钮，各选项的含义如表 4.1 所示，单击 Close 按钮关闭窗口。光谱距离是建立模板时的重要指标，光谱距离的大小，直接影响到各类别之间的可分离度，具体数值大小根据遥感信息源以及研究区域判定。

表 4.1 Region Growing Properties 窗口的参数及其含义

Neighborhood：选择相邻像元扩展方式	
按钮	含义
	种子像元上、下、左、右 4 个像元是扩展像元
	种子像元周围 8 个像元都是扩展的相邻像元
Geographic Constrains：选择扩展区域的地理约束条件	
选项	含义
Area	确定每个 AOI 所包含的最大面积（或者像元数）
Distance	确定 AOI 所包含像元距种子像元的最大距离
Spectral Euclidean Distance：判断相邻像元与种子像元平均值之间的最大波谱欧氏距离，大于该值的像元则不被接受	
Region Grow Option	
选项	含义
Include Island polygons	种子扩展过程中有些不符合条件的像元被符合条件的像元包围，则以岛的形式剔除不符合条件的像元
Update Region Mean	重新计算种子平均值
Buffer Region Boundary	对 AOI 产生缓冲区，在选择 AOI 编辑 DEM 数据时比较有用，避免高程的突然变化

v. 在 Viewer 窗口的 Raster 的工具面板中，单击按钮 ，进入生成扩展 AOI 生成状态，在图像窗口选择一个颜色区域，单击系统将依据定义的区域扩展条件自动扩展生成一个 AOI。可以修改 Region Growing Properties 窗口的参数，生成满意的 AOI。

③ 应用查询光标扩展方法。

该方法与方法②最大的差别在于设置种子像元的方法不同，种子扩展的方式与方法②相同。

i. 单击 Viewer | AOI | Seed Properties 命令，打开 Region Growing Properties 窗口。

ii. 选择 Utility | Inquire Cursor 命令，打开 Inquire Cursor 对话框（图 4.14）或者单击原始图像工具条上的  按钮，打开 Inquire Cursor 对话框。在原始图像窗口出现十字查询光标，此时移动光标 Inquire Cursor 对话框的坐标值和各波段数值均发生相应变化。

iii. 单击 Region Growing Properties | Grow at Inquire，则在原始图像上会自动产生一个新的 AOI。

④ 在特征空间图像上生成。

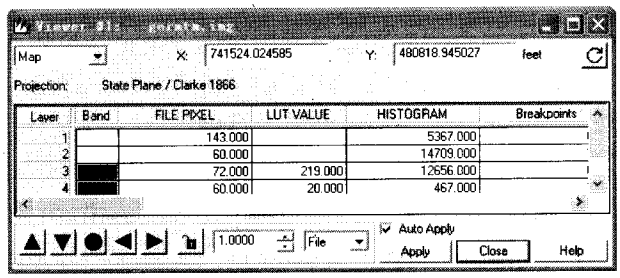


图 4.14　Inquire Cursor 对话框

特征空间图像是依据待分类的原始图像中任意两个波段分别作横、纵坐标形成的图像。前三种方法在原始图像上应用 AOI 产生模板均属于参数模板，而在特征空间图像中应用 AOI 产生的模板属于非参数型模板。

i. 生成特征空间图像。

选择 Classifier 图标 | Signature Editor | Feature | Create | Feature Space Layers 命令，打开 Create Feature Space Images 对话框（图 4.15）。

• 选择处理图像文件（Input Raster Layer）和输出图像文件根名（Output Root Name）。

• Level Slice 的 Color 选项为产生彩色图像，它的 Gray 选项则产生黑白图像。

• Output To Viewer 复选框为确定生成的输出特征空间图像自动在一个窗口中打开。

• Feature Space Layers 选项中显示了特征图像由哪些波段组成。在设置完以上选项后，单击 OK 按钮便生成一系列的特征空间图像。

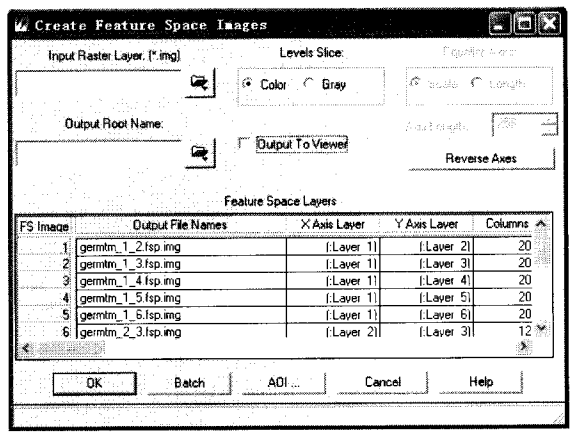


图 4.15　Create Feature Space Images 对话框

ii. 关联原始图像与特征图像。

Signature Editor | Feature | View | Linked Cursor，打开 Linked Cursor 对话框（图 4.16）。

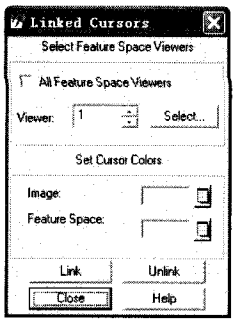


图 4.16 Linked Cursor 对话框

• 在 Viewer 里面输入或者单击 Select，再根据系统提示在特征空间图像窗口中单击一下，如果要在多个窗口中显示了特征空间图像，也可以选中 All Feature Space Viewers 复选框使原图像与所有的特征图像关联。

• Set Cursor Colors 包括窗口图像与特征空间图像窗口图像查询光标的显示颜色和特征空间图像查询光标的颜色显示，分别在 As、Is 设置。

• 单击 Link 按钮，则两个窗口关联起来，且两个窗口的查询光标将同时移动。在原始图像上拖动十字光标在一个类别上移动，查看像元在特征空间图像上的位置，以确定该类别在特征空间图像上的范围。

iii. 确定图像类型在特征空间的位置，并在特征图像上绘制 AOI 区域。

在 Raster 面板工具条中单击 按钮，在特征空间图像窗口中选择与类别对应的区域，绘制一个多边形 AOI。

(2) 建立分类模板。

① 在分类模板编辑器窗口，单击 按钮，将多边形 AOI 区域加载到分类模板属性表中。在同样颜色的区域多绘制一些 AOI，分别加载到分类模板属性表中。

② 在分类模板属性表中，依次单击这些 AOI（按住 shift 键），并在单击 将所选中的模板合并成一个新的模板。

③ 在分类模板属性表中，单击 Edit | Delete，删除合并前的模板。并单击 Signature Name 进入输入状态，输入对应的类别名称，单击 Color 设置颜色。

④ 重复以上步骤将所有的类型建立分类模板。

5) 保存分类模板

选择 Signature Edit 面板 | File | Save 命令，打开保存对话框，确定是保存所有模板（All）或是只保存被选中的模板（Selected），并确定保存分类模板文件的目录和文件名（.sig），单击 OK 按钮即可。

4.2.2 评价分类模板

分类模板建立后，需要对其进行评价、删除、更名、与其他分类模板合并等操作。ERDAS IMAGINE 9.1 提供的分类模板评价工具包括分类预警、可能性矩阵、特征对象、特征空间到图像掩膜、直方图方法、分离性分析和分类统计分析等工具。

1) 分类预警评价

分类预警评价是根据平行六面体分割规则（遥感图像信息）将原属于或估计属于某一类别的像元在窗口加亮显示，一次预警可以针对一个类别或多个类别，默认的活动类别是 Signature Editor 中“>”符号旁边的类别。经过以下步骤完成操作：

(1) 产生分类预警掩膜。

① 在 Signature Editor 窗口，选择某类或者某几类模板，单击 View | Image Alarm 命令，打开 Signature Alarm 对话框。

② 选中 Indicate Overlap 复选框，设置同时属于两个及以上的像元叠加预警显示，点击色框设置颜色。

③ 点击 Edit Parallelepiped Limit | Limit | Set，设置计算方法（Method）：Minimum /Maximum（最小/最大）或者 Std. Derivation（标准差），并选择使用的模板：Current（当前模板）、Selected（选定的模板）、All（所有模板）。

④ 设置完成后，单击 OK 按钮，返回 Limits 对话框，单击 Close 按钮，返回 Signature Alarm 对话框。

⑤ 单击 OK 按钮执行分类预警评价，形成预警掩膜。

⑥ 单击 Close 按钮关闭 Signature Alarm 对话框。

(2) 查看分类预警掩膜。

运用图像叠加显示功能，查看分类预警掩膜与图像间的关系，如闪烁显示、混合显示、卷帘显示，详见第 4.1.2 节。

(3) 删除分类预警掩膜。

单击 View | Arrange Layers 命令，右击 Alarm Mask，弹出 Layer Options 快捷菜单，选择 Delete Layer 命令，Alarm Mask 图层则被删除，并单击 Apply 按钮，选择不保存，单击 Close 按钮。

2) 可能性矩阵

可能性矩阵评价工具是根据分类模板，分析 AOI 训练区的像元是否完全落在相应的类别中。其输出结果是百分比矩阵，表明每个 AOI 训练区中有多少像元分别属于相应的类别。

选中 Signature Editor 属性表中的所有类别，单击 Evaluate | Contingency，打开 Contingency Matrix 对话框，如图 4.17 所示，选择合适参数后单击 OK 按钮，便显示分类误差矩阵，如图 4.18 所示。如果误差矩阵值小于 85%，则需要重新建立模板。

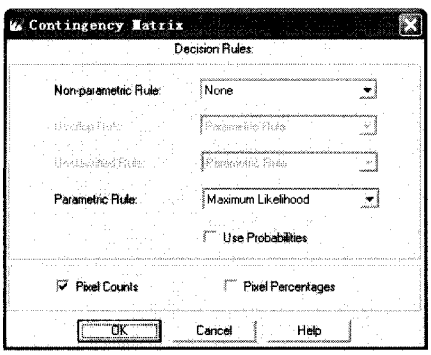


图 4.17 Contingency Matrix 对话框

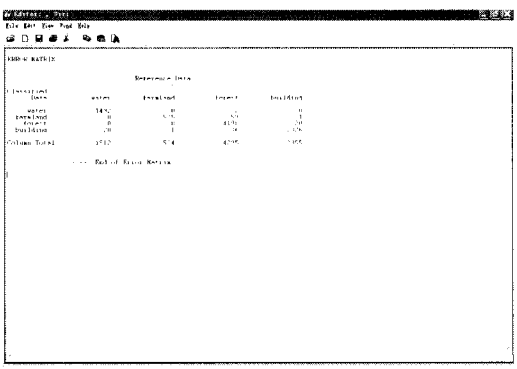


图 4.18 分类误差矩阵

3）分类图像掩膜

该工具适用于产生特征空间的模板，使用时可以基于一个或多个特征空间模板，默认的是当前处于活动状态（位于“>”符号旁边）的模板。如果特征空间模板被定义为一个掩膜，则图像文件会对该掩膜下的像元作标记，这些像元在窗口中也将被高亮显示。具体步骤如下：

（1）在 Signature Editor 窗口，在分类模板属性表中选择要分析的特征空间分类模板。

（2）选择 Feature | Masking | Feature Space to Image 命令，打开 FS to Image Masking 对话框，不选中 Indicate Overlay 复选框。

（3）单击 Apply 按钮，应用参数设置，产生分类掩膜，单击 Close 按钮完成设置。

4）模板对象图示

模板对象工具可以显示各类别模板的统计图，以便比较不同类别。评价时，用模板文件中的平均值与标准差计算集中度椭圆，也可生成平行六面体矩形、平均值以及注记。统计图以椭圆形式显示在特征空间图像中，每个椭圆都是基于类别的平均值及其标准差。可以同时产生一个类别或多个类别的图形显示。由于在特征空间图像中绘制椭圆，所以特征空间图像必须处于打开状态。椭圆的重叠程度，反映了类别的相似性。如果两个椭圆不重叠，说明它们代表相互独立的类别，是分类所需要的。然而，重叠是肯定有的，因为几乎没有完全不同的类别。如果两个椭圆重叠较多，则这两类别是相似的，分类不理想。对所有波段通过椭圆图分析，可以确定究竟使用哪些模板与波段可以得到准确的分类结果。

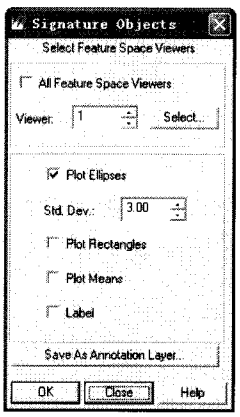


图 4.19 Signature Object 对话框

选择 Signature Editor | Feature | Object 命令，打开 Signature Object 对话框（图 4.19），在 Viewer 中设置特征空间图像显示的窗口号，选中 Plot Ellipses 复选框确定绘制分类统计椭圆，确定统计标准差（Std. Dev），单击 OK 按钮完成设置。

5）直方图绘制

直方图绘制工具通过分析类别的直方图对模板进行评价和比较，可以同时对一个或多个类别制作直方图，如果处理对象是单个类别，就是当前活动类别，如果是多个类别的直方图，就是处于选择集中的类别。通过选择不同类别、不同波段绘制直方图，可以分析其特征。

选择 Signature Editor | View | Histogram 命令，打开 Histogram Plot Control Panel 对话框，如图 4.20 所示，确定分类模板数量（Single Signature/All Selected Signature），确定分类波段数量（Single Band/All Bands），选择波段（Band No:），并且点击 Plot 按钮以实现直方图反映内容的变化。直方图方法是经常使用的模板评价方

法，具有简便、直观的特点，对于类型的合并极其有用（图 4.21）。

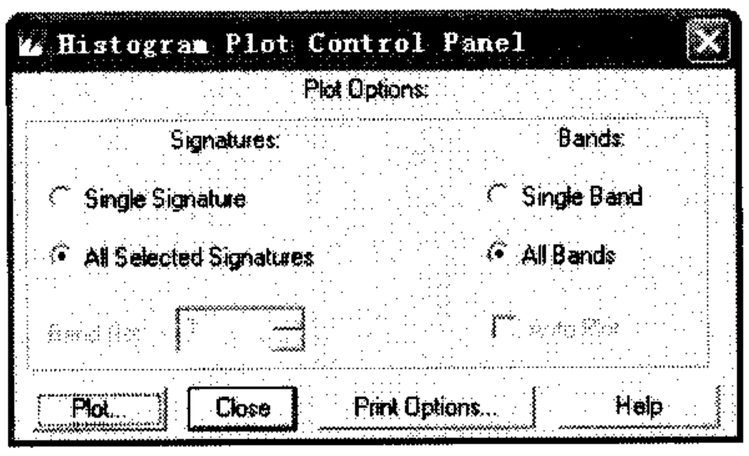


图 4.20　Histogram Plot Control Panel 对话框

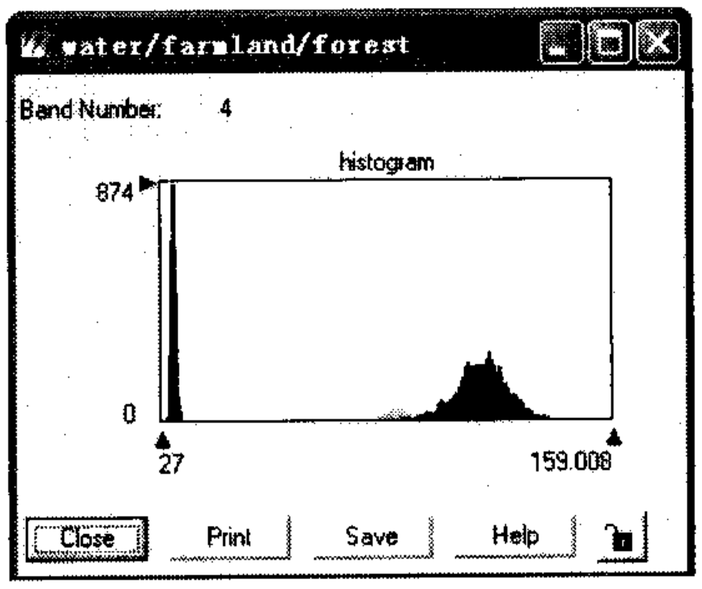


图 4.21　直方图

6）类别的分离性

分类的分离性工具用于计算任意类别的统计距离，可确定两个类别间的差异性程度，也可确定分类中效果最好的数据层。类别间的统计距离是基于欧氏光谱距离、Jeffries-Matusta 距离、分类的分离度（Divergence）、转换分离度（Transformed Divergence）方法计算的。采用类别分离性工具可以同时对多个类别操作，如果没有选择任何类别，则对所有的类别操作。在文本编辑器窗口，可以对报告结果分析，将结果保存在文本文件中。

选择 Signature Editor | Evaluate | Separability 命令，打开 Signature Separability 对话框，如图 4.22 所示，组合数据层数（Layers Per Combination）是指本工具将基于几个数据层来计算类别间的距离，选择计算距离的方法（Distance Measure），确定输出数据格式（Output Form）和统计结果报告方式（Report Type）：Summary Report 为计算结果只显示分离性最好的两个波段组合情况，分别对应最小分离性最大和平均分离性最大；Complete Report 则不仅显示分离性最好的两个波段组合，而且要显示所有波段组合的情况。所有参数设置完成后，单击 OK 按钮。根据 Jones 判断准则，TD 的值在 0～2000 之间，如果 TD＜1700，则表示两个类不能分开，反之则能分开。

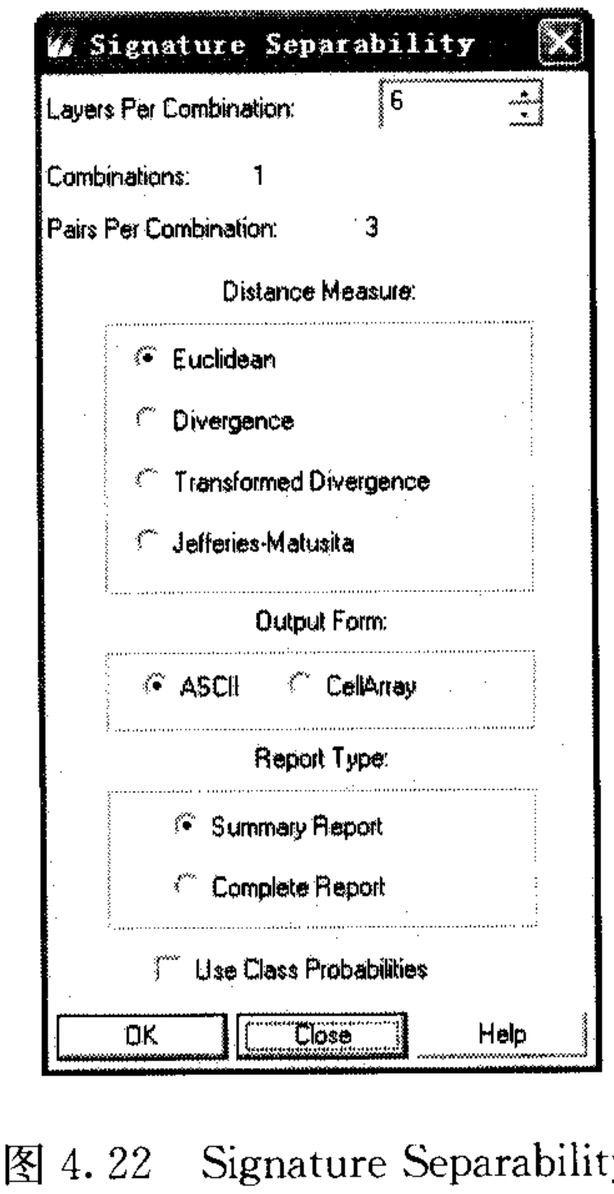


图 4.22　Signature Separability 对话框

7）类别统计分析

分类统计分析功能可以对类别专题层统计做评价和比较。统计分析每次只能对一个类别进行，即处于活动状态的类别就是当前统计的类别。

在 Signature Editor 属性表中选中需要进行统计的类别，选择 View | Statistics 命

令，或者单击工具条中的 Σ 按钮，打开 Statistics 窗口，如图 4.23 所示。

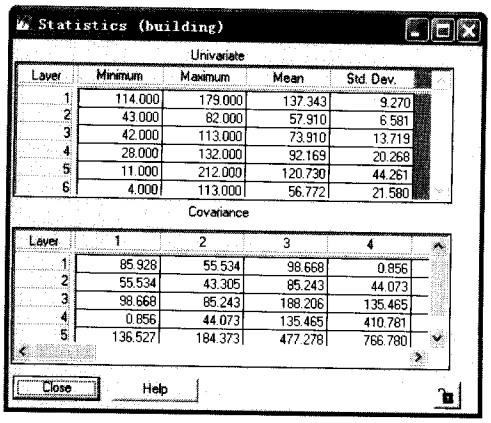


图 4.23　Statistics 窗口

4.2.3　监督分类

建立满意的分类模板后，就需要在一定的分类决策规则条件下，对像元进行聚类判断。在选择判别函数及相应的准则后，便可执行监督分类，具体步骤如下：

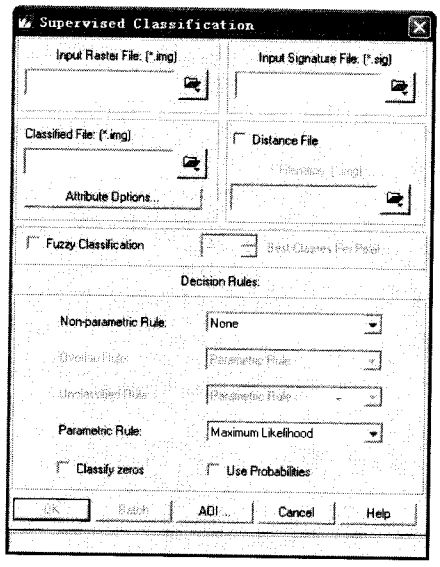


图 4.24　Supervised Classification 对话框

选择 Classifier 图标 | Supervised Classification 命令，打开 Supervised Classification 对话框（图 4.24），参数设置如下：

（1）选择处理图像文件（Input Raster File）。

（2）确定输入分类模板（Input Signature）。

（3）定义输出分类文件（Classified File）。

（4）设置输出分类距离文件为 Distance File。

（5）选择非参数规则（Non-Parametric Rule），一般选择 Feature Space，即选择特征空间。

（6）选择叠加规则（Overlap Rule），一般为 Parametric Rule，参数规则，具体设置以下详述。

（7）选择未分类规则（Unclassified Rule）为 Parametric Rule。

（8）选择参数规则（Parametric Rule），一般选择 Maximum Likelihood，即最大似然。

(9) 还可以定义分类图的属性表项目，即单击 Attribute Options 按钮，进行选择。

(10) 最后单击 OK 按钮，执行监督分类。

4.2.4 评价分类结果

执行了监督分类之后，需要对分类效果进行评价，ERDAS 系统提供多种分类评价方法，包括分类叠加 (classification overlay)、定义阈值 (thresholding)、精度评估 (accuracy assessment)。

1) 分类叠加

分类叠加就是将专题分类图像与分类原始图像同时在一个视窗中打开，将分类专题层置于上层，通过改变分类专题的透明度及颜色等属性，查看分类专题与原始图像之间的关系。对于非监督分类结果，通过分类叠加方法来确定类别的专题特性、并评价分类结果。对监督分类结果，该方法只是查看分类结果的准确性。

2) 定义阈值

通过定义阈值方法可以确定哪些像元最可能没有正确分类，进而对分类结果进一步优化。用户可以对每个类别设置一个距离阈值，将可能不属于它的像元筛选出去，被筛选出去的像元则被赋予另一个值。具体操作如下：

(1) 在 ERDAS 图标面板工具，选择 Classification | Threshold 命令，打开 Threshold 窗口，如图 4.25 所示。

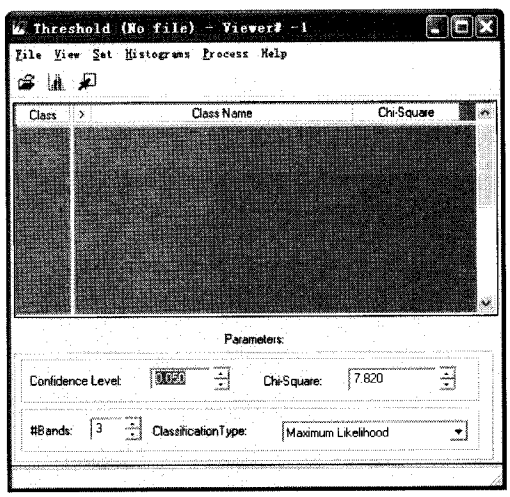


图 4.25 Threshold 窗口

(2) 选择 Threshold 窗口菜单的 File | Open 命令，打开 Open File 对话框，分别选择所需的专题分类图像和分类距离图像，单击 OK 按钮。

(3) 选择 Threshold | View | Select View 命令，单击显示分类专题图像窗口。

（4）单击 Threshold | Histogram | Compute 命令，计算各个类别的距离直方图，可以单击 Threshold | Histogram | Save 命令保存为 .sig 模板文件。

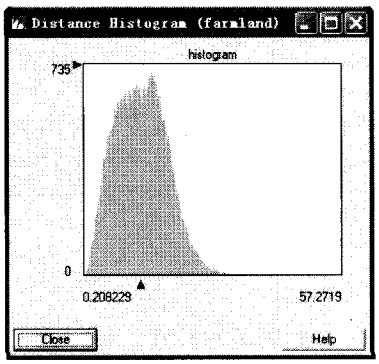


图 4.26　Distance Histogram 窗口

（5）移动“>”符号到某个类别旁边，选择 Histogram | View 命令，则该类别的距离直方图被显示出来，如图 4.26 所示，同时拖动直方图横坐标上的箭头到合理的阈值。依次设置每个类别的阈值。

（6）选择 View | View Colors | Default Colors 命令，选择默认色彩是将阈值以外的像元显示成黑色，将阈值以内的像元以该类别颜色显示。

（7）选择 Process | To Viewer 命令，阈值处理图像将显示在分类图像上，再按照 4.1.2 节（3）a 中的图像显示方法，将阈值处理图像设置为闪烁状态，或者混合方式、卷帘方式叠加显示，以直观查看处理前后变化。

（8）单击 Process | To File 命令，打开 Threshold to File 对话框，在 Output Image 中输入文件名，单击 OK 按钮完成保存。

3）精度评估

分类精度评估是将专题分类图像中的特定像元与已知分类的参考像元进行比较，实际工作中常常是将分类数据与地面真值、先前的试验地图、航空相片或其他数据进行对比。下面是具体的操作过程：

（1）在 Viewer 中打开分类前的原始图像，以便进行精度评估。

（2）在 ERDAS 图标面板菜单条中，选择 Main | Image Classification | Classification，或 ERDAS 图标面板工具条，点击 Classifier 图标的 Classification 菜单。选择 Accuracy Assessment 菜单项，打开 Accuracy Assessment 对话框（图 4.27）。

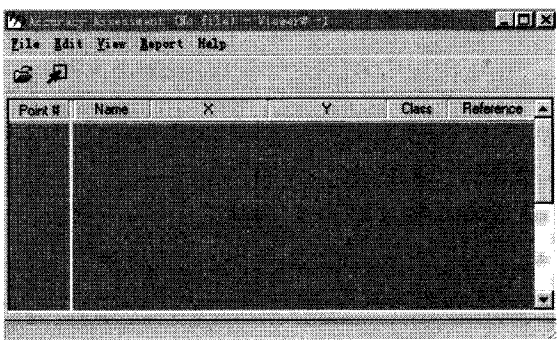


图 4.27　Accuracy Assessment 对话框

Accuracy Assessment 对话框中显示了一个精度评估矩阵（Accuracy Assessment Cell Array）。精度评估矩阵中将包含分类图像若干像元的几个参数和对应的参考像元的分类值。这个矩阵值可以使用户对分类图像中的特定像元与作为参考的已知分类的像元

进行比较，参考像元的分类值是用户自己输入的。矩阵数据存在分类图像文件中。

（3）将原始图像视窗与精度评估视窗相连接。在 Accuracy Assessment 对话框工具条中点击 Select Viewer 按钮 （或菜单条选择 View | Select Viewer），将光标在显示有原始图像的视窗中点击一下，原始图像视窗与精度评估视窗相连接。

（4）在精度评估对话框中设置随机点的色彩。在 Accuracy Assessment 对话框中，选择 View | Change Colors，打开 Change colors 面板（图 4.28）。在 Points with no reference 设置没有真实参考值的点的颜色，在 Points with Reference 设置有真实参考值的点的颜色，单击 OK 按钮（执行参数设置），返回 Accuracy Assessment 对话框。

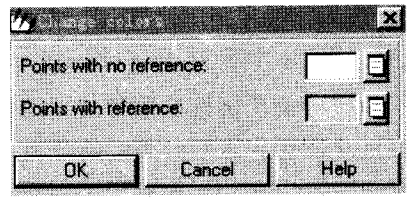


图 4.28 Change colors 面板

（5）产生随机点。本步操作将在分类图像中产生一些随机的点，随机点产生之后，需要用户给出随机点的实际类别。然后，随机点的实际类别与在分类图像的类别将进行比较。

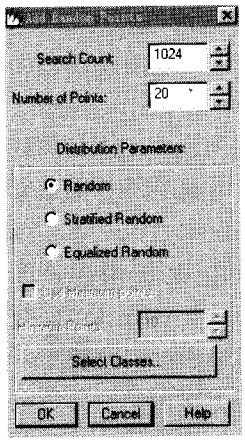


图 4.29 Add Random Points 对话框

在 Accuracy Assessment 对话框，选择 Edit | Create/Add Random Points 命令，打开 Add Random Points 对话框（图 4.29）。

在 Search Count 中输入确定随机点过程中使用的最多分析像元数，这个数目一般都比 Number of Points 大很多；在 Number of Points 中输入大于 250 的数。

在 Distribution Parameters 选择 Random（即将产主绝对随机的点位，而不使用任何强制性规则）/ Equalized Random（是指每个类将具有同等数目的比较点）/ Stratified Random（是指点数与类别涉及的像元数成比例，但选择该复选框后可以确定一个最小点数，选择 Use Minimum Points，以保证小类别也有足够的分析点）。

单击 OK 按钮（按照参数设置产主随机点），返回 Accuracy Assessment 对话框。

（6）显示随机点及其类别。在 Accuracy Assessment 对话框，选择 View | Show All 命令，所有随机点均以第 4 步设置的颜色显示在视窗中。选择 Edit | Show Class | Values，各点的类别号出现在数据表的 Class 字段中。

（7）输入参考点的实际类别值。在 Accuracy Assessment 对话框，在数据表的 Reference 字段输入各个随机点的实际类别值（只输入参考点的实际分类值，它在视窗中的色彩就变为第（4）步设置的 Point With Reference 颜色。

（8）设置分类评价报告输出环境及输出分类评价报告。在 Accuracy Assessment 对话框中，选择 Report | Options 命令，点击确定分类评价报告的参数。选择 Report | Accuracy Report 命令，产生分类精度报告。选择 Report | Cell Report 命令，报告有关产生随机点的设置及窗口环境。有报告将显示在 ERDAS 文本编辑器窗口，可以保存为

本文件。选择 File | Save Table，保存分类精度评价数据表。选择 File | Close，关闭 Accuracy Assessment 对话框。

通过对分类结果的评价，如果达到分类精度，则保存结果。如果不满意，则可以进一步做相关修改，如修改分类模板等，或应用其他功能进行调整。

4.3 分类后处理

由于分类严格按照数学规则进行，分类后往往会产生一些只有几个像元甚至一两个像元的小图斑。这对分类图的分析、解译和制图，都是不利的，可通过几种分类后处理来解决。ERDAS IMAGINE 9.1 中的分类后处理方法有：聚类统计、过滤分析、去除分析和分类重编码。

4.3.1 聚类统计

无论监督分类还是非监督分类，分类结果中都会产生一些面积很小的图斑。无论从专题制图的角度，还是从实际应用的角度，都有必要对这些小图斑进行剔除。ERDAS IMAGINE 9.1 中的 GIS 分析命令 Clump、Sieve、Eliminate 可以联合完成小图斑的处理工作。

聚类统计（Clump）是通过计算分类专题图像每个分类图斑的面积、记录相邻区域中最大图斑面积的分类值等操作，产生一个 Clump 类组输出图像，其中每个图斑都包含 Clump 类组属性。该图像是一个中间文件，用于进行下一步处理。

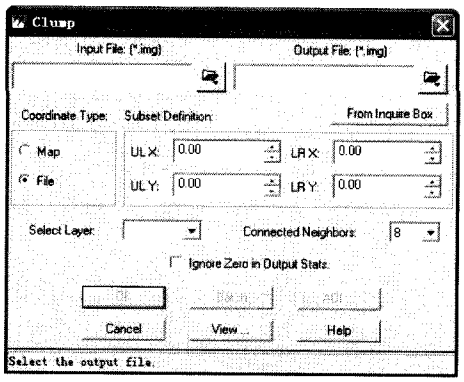


图 4.30 Clump 对话框

在 ERDAS 图标面板菜单条中，选择 Main | Image Interpreter | GIS Analysis | Clump 命令，或在 ERDAS 图标面板工具条上点击 Interpreter 图标，选择 GIS Analysis | Clump 命令，打开 Clump 对话框（图 4.30），并设置下列参数。

（1）选择处理图像文件（Input File）。

（2）定义输出文件（Output File）。

（3）选择文件坐标类型（Coordinate Type）为 Map/File。

（4）处理范围确定（Subset Definition）：UL X/Y，LR X/Y（缺省状态为整个图像范围，可以应用 Inquire Box 定义子区）。

（5）确定聚类统计邻域大小（Connected Neighbors）：统计分析将对每个像元四周的 N 个相邻像元进行。可以选择 4 个方向或者 8 个相邻的像元。

（6）点击 OK 按钮，关闭 Clump 对话框，执行聚类统计分析。

4.3.2 过滤分析

Sieve 功能是对经 Clump 处理后的 Clump 类组图像进行处理，按照定义的数值大小，删除 Clump 图像中较小的类组图斑，并给所有小图斑赋予新的属性值。显然，这里引出了一个新的问题，就是小图斑的归属问题。可以与原分类图对比确定其新属性，也可以通过空间建模方法、调用 Delerows 或 Zonel 工具进行处理（详见空间建模联机帮助）。Sieve 经常与 Clump 命令配合使用，对于无须考虑小图斑归属的应用问题，有很好的作用。

在 ERDAS 图标面板菜单条中，选择 Main | Image Interpreter | GIS Analysis | Sieve 命令，或者在 ERDAS 图标面板工具条中，选择 Interpreter 图标 | GIS Analysis | Sieve 命令，打开 Sieve 对话框（图 4.31）。在 Sieve 对话框中，需确定下列参数：

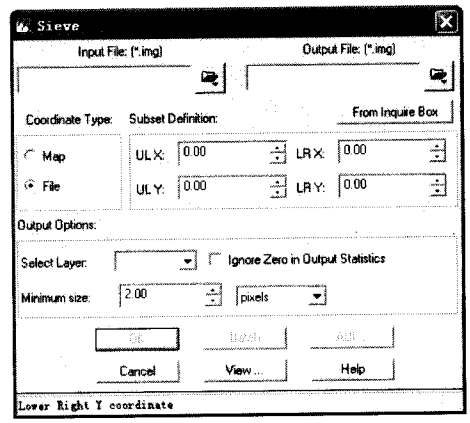


图 4.31 Sieve 对话框

(1) 选择处理图像文件（Input File）。

(2) 定义输出文件（Output File）。

(3) 定义输出文件坐标类型（Coordinate Type）：Map/File。

(4) 定义输出文件处理范围（Subset Definition）：UL X/Y，LR X/Y（缺省状态为整个图像范围，也可以用 Inquire Box 定义子区域）。

(5) 选择处理的图层（Select Layer）。

(6) 忽略输出统计零像元值 Ignore Zero in Output Statistics。

(7) 确定最小图斑大小（Minimum Size）。

(8) 点击 OK 按钮，关闭 Sieve 对话框，执行过滤分析。

4.3.3 去除分析

去除分析是用于删除原始分类图像中的小图斑或 Clump 聚类图像中的小 Clump 类组，与 Sieve 命令不同，将删除的小图斑合并到相邻的最大的分类当中。而且，如果输入图像是 Clump 聚类图像的话，经过 Eliminate 处理后，将小类图斑的属性值自动恢复为 Clump 处理前的原始分类编码。显然，Eliminate 处理后的输出图像是对分类结果图像进行了制图综合。

在 ERDAS 图标面板菜单条中，选择 Main | Image Interpreter | GIS Analysis | Eliminate 命令，或在 ERDAS 图标面板工具条中，选择 Interpreter 图标 | GIS Analysis | Eliminate 命令，打开 Eliminate 对话框（图 4.32）。

在 Eliminate 对话框中，需要确定下列参数：

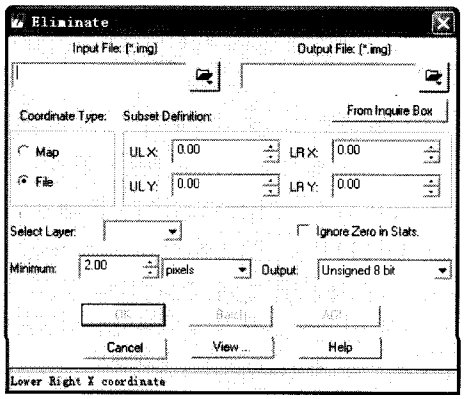


图 4.32　Eliminate 对话框

（1）选择处理图像文件（Input File）。

（2）定义输出文件（Output File）。

（3）文件坐标类型（Coordinate Type）。

（4）处理范围确定（Subset Definition）：UL *X*/*Y*，LR *X*/*Y*（缺省状态为整个图像范围，可以应用 Inquire Box 定义子区）。

（5）选择去除分析的图层（Select Layer），这里选择默认值图层 1。

（6）选择 Ignore Zero in Stats 复选框，确定是否忽略输出统计零像元值。

（7）确定最小图斑大小（*Minimum* Size）。

（8）单击 OK 按钮，关闭 Eliminate 对话框，执行去除分析。

4.3.4　分类重编码

非监督分类时不知道实地有多少地物类，总是先多分出较多的光谱类，然后对照实地情况或根据已有知识，最后确定需要的类别，因此就需要将某些光谱上不同的光谱类合并成专业上相同的地物类。监督分类虽然知道实地有哪些地物类，但由于同类异谱现象，分类时还需要将相同的地物类分成若干个光谱类进行处理。因此需要分类重编码来解决，即将要合并的两个或两个以上的类的不同编码和不同颜色都改为相同的编码和颜色。

在 ERDAS 图标面板菜单条中，选择 Main | Image Interpreter | GIS Analysis | Recode 命令，或者选择 Interpreter 图标 | GIS Analysis | Recode 命令，打开 Recode 对话框，如图 4.33 所示。

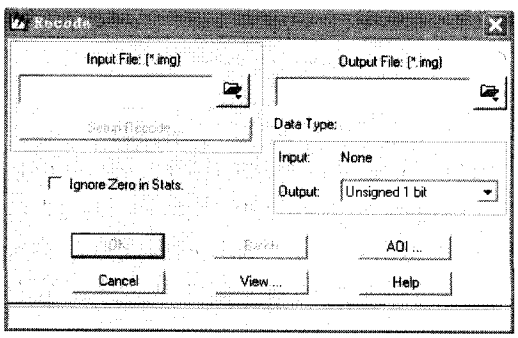


图 4.33　Recode 对话框

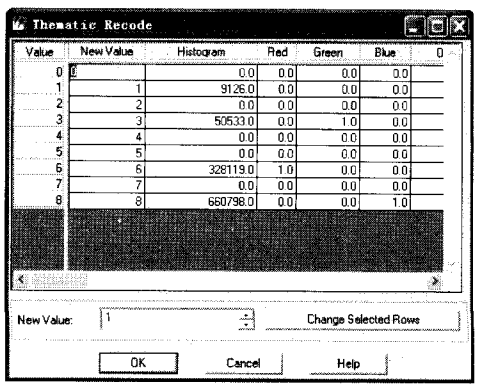


图 4.34　Thematic Record 对话框

（1）选择处理图像文件（Input File），定义输出文件（Output File）。

（2）单击 Setup Recode 按钮，打开 Thematic Record 对话框，如图 4.34 所示。

(3) 选择需要进行重新编码的行，在 New Value 处输入新编码，点击 Change *Selected Rows*，*改变原有类别的编码，单击 OK 按钮*。

(4) 确定输出数据类型（Output），单击 OK 按钮，完成设置，执行图像重编码，输出图像将按照 New Value 变换主题分类图像属性，产生新的分类图像。

4.4 专家分类系统

专家分类系统又称为基于知识的分类，包括两个核心内容知识库（Knowledge Base）和推理机（Inference Engine）。知识库中存储着许多与遥感图像解译有关的知识和经验，它既包括地面目标本身的知识，也有遥感专家长期积累起来的有关遥感判读方面的经验和方法，而且这些经验和知识表示成计算机能够识别的形式。推理机主要包括数字遥感影像处理和分析算法、根据识别对象的特点挑选算法的策略及负责将各种算法组织成具有一定逻辑顺序的算法序列的能力。当遥感影像等数据输入基于知识的遥感影像分析系统后，推理机在知识库的支持下完成影像上目标的识别和解译。在影像识别过程中，知识库中知识的丰富程度十分关键，推理机的空间分析能力、逻辑推理能力和综合分析能力也十分重要。专家分类系统由于总结了某一领域内专家分析方法，可容纳更多的信息，因而功能更加强大。

专家分类首先需要建立知识库，根据分类目标提出假设，并依据所拥有的数据资料定义支持假设的规则、条件和变量，然后应用知识库自动进行分类。专家分类的核心内容是知识库（Knowledge Base）和推理机（Inference Engine），知识库中存储着多种与影像解译有关的知识和经验，专家的经验和知识以某种形式，如产生规则 IF〈条件〉THEN〈假设〉〈CF〉（其中 CF 为可信度）表示，由诸多知识组成知识库。以专家知识和经验为基础的光谱信息和其他辅助信息综合的影像理解技术，已成为遥感应用研究领域的一个重点。ERDAS IMAGINE 9.1 软件专家分类器分类流程如图 4.35 所示。

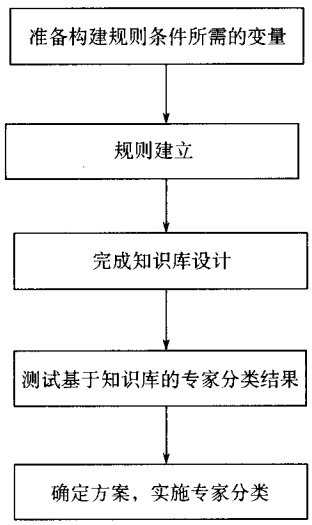


图 4.35 ERDAS 软件专家分类器分类流程图

4.4.1 知识工程师

1) 知识工程师编辑器

知识工程师是一个通过 Classification 菜单调用的独立应用窗口，用户可以直接选择 Classifier 图标 | Knowledge Engineer 命令，打开 Knowledge Engineer 编辑器（图 4.36）。知识工程编辑器由七个部分组成：菜单条、工具条、决策树一览区、知识库要素列表、知识库要素工具、知识库编辑窗口和状态条。

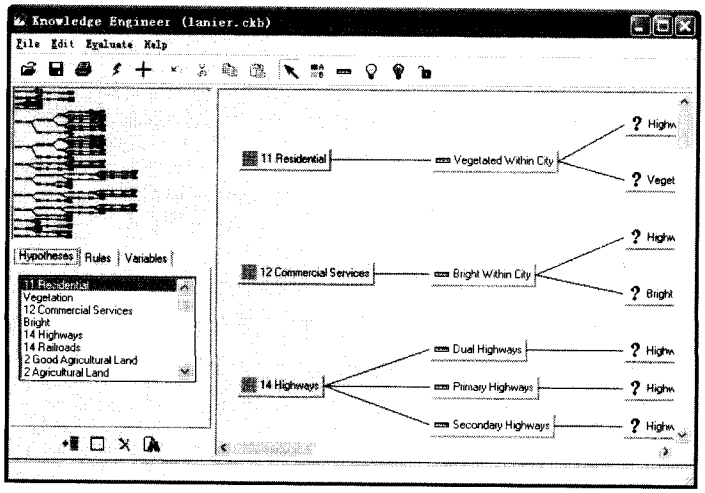


图 4.36　Knowledge Engineer 编辑器

在知识工程师编辑器中，选择 File | Open 命令，打开 Open Classification Knowledge Base 对话框，选择 .ckb 文件便可打开一个知识库。

(1) 知识工程师编辑器菜单。

该菜单包括 File、Edit、Evaluate、Help 共 4 项菜单，主要功能如表 4.2 所示。

表 4.2　知识工程师编辑器菜单主要功能

命令	功能
Edit	编辑操作
New Hypothesis	定义一个新假设
New Rules	定义一个新规则
New Variables	定义一个新变量
Enable All	所有节点都参与分类
Disable All	所有节点都不参与分类
Delete All Disable	删除所有不参与分类的节点
Clear All Work Files	删除所有临时文件
Evaluate	评价操作
Test Knowledge Base	测试知识库
Classification Pathway Cursor	显示测试分类路径光标

(2) 知识工程师编辑器工具。

该编辑器共包括 15 个常用编辑工具图标和 4 个知识库要素编辑工具，主要的功能和命令如表 4.3 所示。

表 4.3　常用编辑工具图标和知识库要素编辑工具主要的功能和命令

按钮	命　令	功　能
	Run Test Classification	测试当前知识库
	Start Classification Pathway Feedback Mode	显示测试分类路径光标
	Select Node in the Knowledge Base	选择当前知识库节点
	New Hypothesis Graphic Tool	定义一个新假设
	New Rules Graphic Tool	定义一个新规则
	Enable Node	设置节点参与分类
	Disable Node	设置节点不参与分类
	Keep Tool	释放当前选择工具
	Add New Item to List	向知识库添加新要素
	Show Properties of Items on List	显示组分中选择要素属性
	Delete Items from List	删除组分中选择要素
	Find Next Concurrence of Item in List	加亮显示组分中选择要素

（3）决策树一览区。

在编辑窗口左上方显示的就是整个决策树的一览表，绿色框包括的是知识库编辑窗口中目前所显示的决策树部分的位置，可以通过拖拉这个绿色框来改变显示效果，黄色高亮显示的树枝说明目前所选择的假设、规则或者条件。决策树一览区极大地方便了知识库的编辑，让用户了解所编辑的部分在决策树中的确切位置。

（4）知识库要素列表。

决策树一览区下方是知识库要素列表，包括假设、规则和变量 3 类要素列表。所有的假设、规则和变量均可在列表中查看、调用和编辑，并可以向知识库中添加。

（5）知识库编辑窗口。

该编辑窗口放置的是决策树，决策树中的每一个支脉都由绘制为方框的结点及连接线组成，表明其逻辑关系。

① 色彩方案。

在决策树中，不同的颜色具有不同的意义。

绿色：表示假设，假设代表的是输出分类，也许有中间假设，它不是最终的输出分类；

黄色：表示规则，一条或多条规则定义一个假设，规则为真时假设就为真；

蓝色：表示条件，一个或多个条件定义一条规则，所有条件为真时规则才能成立。

② 新建知识库要素。

与知识库的 3 个要素对应，系统提供了 3 种属性对话框，分别用于编辑相应的要素。

i. 新建假设。

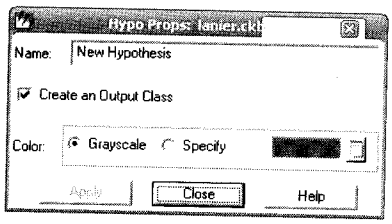


图 4.37　Hypo Props 对话框

选择按钮 新建一个假设，双击该假设打开假设对话框，如图 4.37 所示。

该对话框包含以下设置：

Name（假设名称），输入 Residential；

Create an Output Class，确定产生输出分类；

Color（颜色），选择 Specify，并确定输出类别的颜色为红色。

ii. 新建规则。

点击按钮 ，将鼠标光标移到 Residential 绿色框上单击，并双击 New Rule 打开规则对话框，如图 4.38 所示。

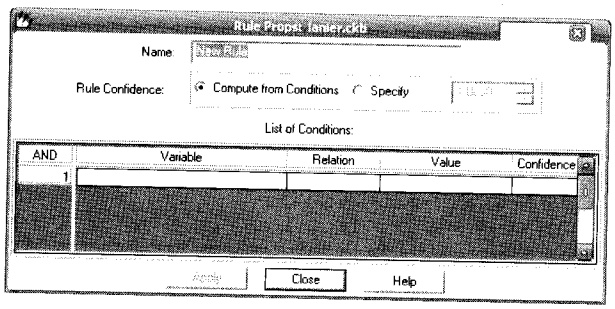


图 4.38　Rule Props 对话框

该对话框包含以下设置。

Name（规则名称），改为 High Map。

Rule Confidence，确定规则的置信度。如果选择 Compute from Conditions，则每个规则的置信度由专家分类器从与该规则相连的条件置信度计算获得，选择 Specify，则必须为每个规则输入一个置信度值，本例选择 Compute from Conditions。

List of Conditions，将组成规则的所有条件列表，每个条件由变量、关系、值和置信度组成。

iii. 新建变量。

在 List of Conditions 表格中的 Variable 字段下方单击，选择 New Variable（新建变量），打开 Variable Properties 对话框，如图 4.39 所示。

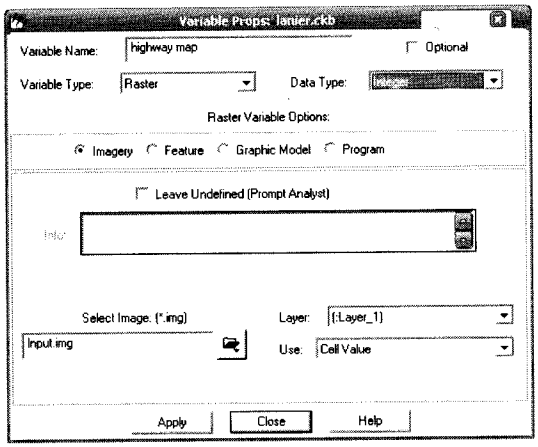


图 4.39　Variable Properties 对话框

• 该对话框包含如下设置：

Variable Name（变量名称），输入 highway map。

Variable Type（变量类型），包括两种变量类型：Raster 和 Scalar。本例选择 Raster。

Data Type（数据类型），包括 3 种数据类型：Integer、Float 和 Boolean。本例选择 Integer。

Raster Variable Options（栅格变量选择项），包括 4 种选择：Imagery、Feature、Graphic Model 和 Program。本例选择 Imagery。

Select Image（*.img），确定栅格图像文件，选择 Input.img（存放在… \ Ch4 \ Tutor）；

Layer，确定图像波段，选择 Layer_1。

Use，确定像元取值为 Cell Value。

• 在规则对话框的 relation 字段下出现“═══”，并在 Value 字段下单击，选择 other 命令，输入 7 回车。点击 Apply 按钮，单击 Close 按钮，完成设置。该实验结果存放在… \ Chp4 \ Tutor \ knowledge base.ckb。

2）变量编辑器

变量编辑器提供了定义规则条件中使用变量对象的途径，每个变量的定义必须确定变量名、变量类型、数据类型、选择项、输入文件、文件波段和像元数值等。

系统支持两种变量类型和三种数据类型，分别介绍各类型适用的类型。

（1）栅格变量。

栅格变量（Raster Variable）可以进一步分为图像栅格变量（Imagery）、特征栅格变量（Feature）、模型栅格变量（Graphic Model）和程序栅格变量（Program）。

① 图像栅格变量（图 4.40）。

图像栅格变量可以应用 ERDAS IMAGINE 9.1 支持的任一栅格数据，可以是单波

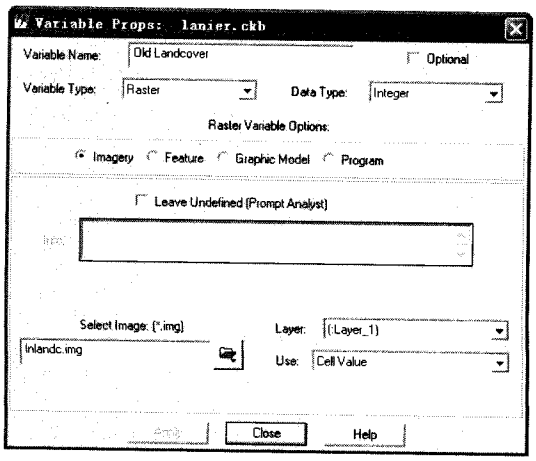


图 4.40　Variable Props 对话框（Imagery Raster）

段也可以是多波段的；可以是连续取值，也可以是专题分类；可以被重采样成或标定成不同的地图投影。具体参数设置如下：

Variable Name（变量名称），在决策树中标识变量。

Variable Type（变量类型），选择 Raster。

Data Type（数据类型），选择 Integer。

Raster Variable Options（栅格变量选择项），选择 Imagery。

Select Image（*.img），确定栅格图像文件。

Layer，确定图像波段。

Use，确定像元取值。

② 特征栅格变量（图 4.41）。

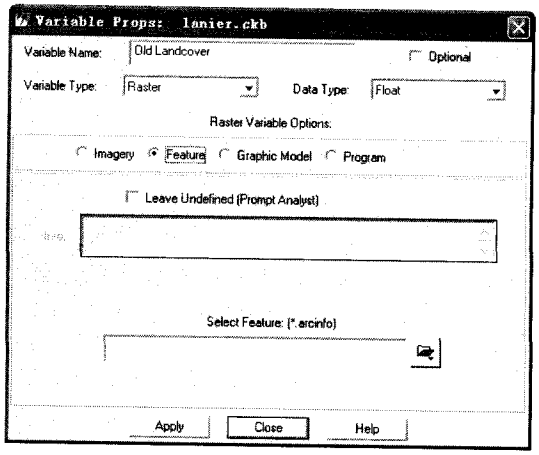


图 4.41　Variable Props 对话框（Feature Raster）

特征栅格变量可以是 ERDAS IMAGINE 9.1 的注记文件或 ArcInfo 的 Coverage 文件。具体参数设置如下：

Variable Name（变量名称），在决策树中标识变量。

Variable Type（变量类型），选择 Raster。

Data Type（数据类型），选择 Float。

Raster Variable Options（栅格变量选择项），选择 Feature。

Select Feature（*.arcinfo），确定特征文件。

③ 模型栅格变量（图 4.42）。

模型栅格变量是调用 ERDAS IMAGINE 9.1 的图形模型文件（*.gmd）作为条件的组成部分，系统认为该模型是知识工程师所建立，动态地支持专家分类器的模型变量。每个图形模型包含一个或多个输入和输出，这些可以由知识库中其他变量所定义。具体参数设置如下：

Variable Name（变量名称），在决策树中标识变量。

Variable Type（变量类型），选择 Raster。

Data Type（数据类型），选择 Float。

Raster Variable Options（栅格变量选择项），选择 Graphic Model。

Graphic Model（*.gmd），确定模型文件，同时可以单击 Edit Model，打开模型编辑器编辑模型文件。

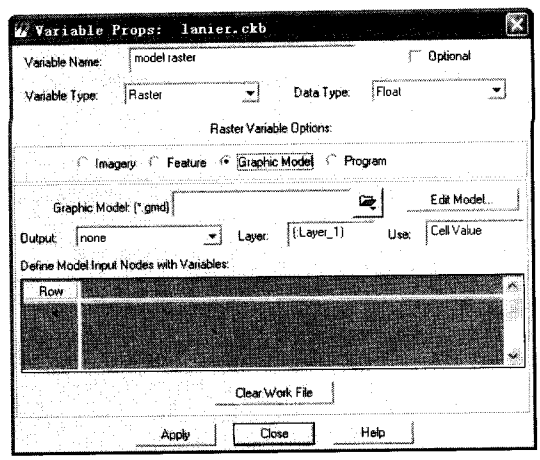


图 4.42　Variable Props 对话框（Graphic Model Raster）

④ 程序栅格变量（图 4.43）。

程序栅格变量是专家分类器支持的另一类栅格变量，这里的程序可以是 ERDAS IMAGINE 9.1 外部命令集，也可以是其他外部程序。要产生一个程序变量，必须提供程序名、参数数量和输出文件名等参数。具体参数设置如下：

Variable Name（变量名称），在决策树中标识变量。

Variable Type（变量类型），选择 Raster。

Data Type（数据类型），选择 Boolean。

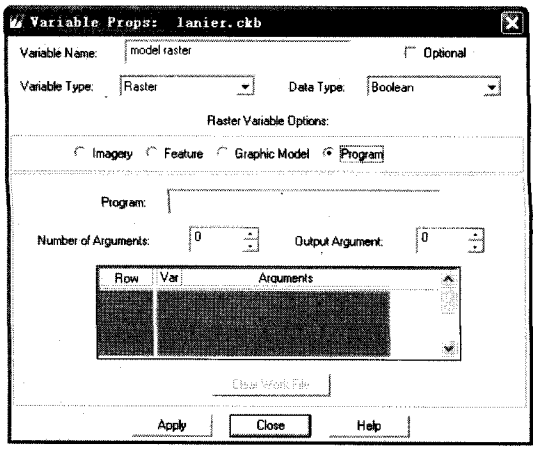


图 4.43　Variable Props 对话框（Program Raster）

Raster Variable Options（栅格变量选择项），选择 Program。

确定外部程序文件（Program）输入参数（Number of Arguments）、输出参数（Output Argument）。

（2）等级变量（图 4.44）。

等级变量（Scalar Variables）可以直接输入数值来定义，也可以由其他模型或外部程序输出来定义。等级变量分为 3 种：数值等级变量、模型等级变量和程序等级变量。其中，后两种变量设置与栅格变量完全一样，只是输出值为等级数值，而非栅格图像。以数值等级变量为例具体说明其设置。

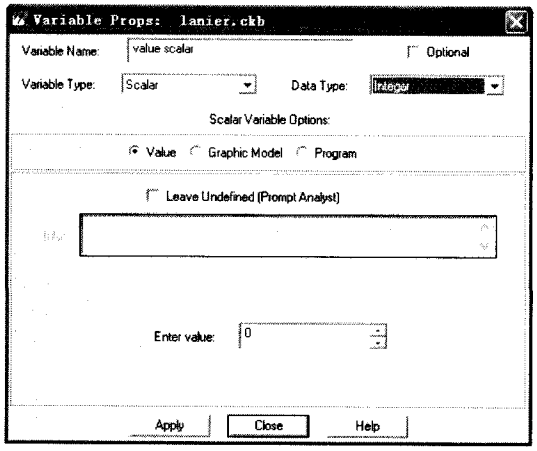


图 4.44　Variable Props 对话框（Value Scalar）

① Variable Name（变量名称），在决策树中标志变量。

② Variable Type（变量类型），选择 Scalar。

③ Data Type（数据类型），选择 Integer。

④ Scalar Variable Options（等级变量选择项），选择 Value。

⑤ 确定等级数值（Enter Value）。

4.4.2 知识分类器

知识分类器由两部分组成：其一是用户界面应用程序，其二是可执行命令行。用户界面应用程序设计主要为需要设置参数的几个向导对话框，或者叫做参数页，允许输入有限的参数来控制知识库的使用。在每个对话框的右边，Next 和 Previous 按钮可以向前和向后移动参数页，只有当前一页的参数设置有效，才能翻到下一页，但可以随时返回到前面的参数页。

1）打开知识分类器

在 Classification 中选择 Knowledge Classification，打开知识分类对话框，如图 4.45 所示，并在 Knowledge Base 中选择需要加载的知识库（*.ckb）。

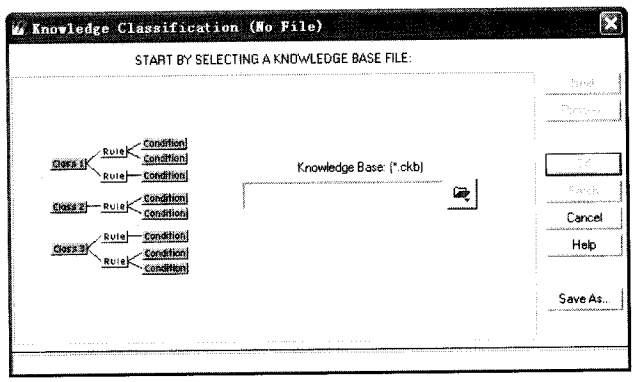


图 4.45 Knowledge Classification 对话框

2）选择分类

在 SELECT THE CLASS OF INTEREST 对话框中（图 4.46），可以根据需要选择感兴趣的分类作为输出分类结果。由于默认的分类选择就是知识库中所定义的全部分类，因此需要单击 Remove All 按钮，清除所有 Selected Classes，在 Available Classes 中选择感兴趣的类，点击 Add 按钮，将该类作为 Selected Classes，单击 Next 按钮。

3）确定输出选择项

在 SELECT CLASSIFICATION OUTPUT OPTIONS 对话框中需要设置以下参数（图 4.47）：

（1）确定输出分类图像的层数（Best Classes Per Pixel）。

（2）确定输出分类文件（Output Classified Image）。

（3）单击输出置信度图像（Produce Confidence Image）选项，并确定置信度文件

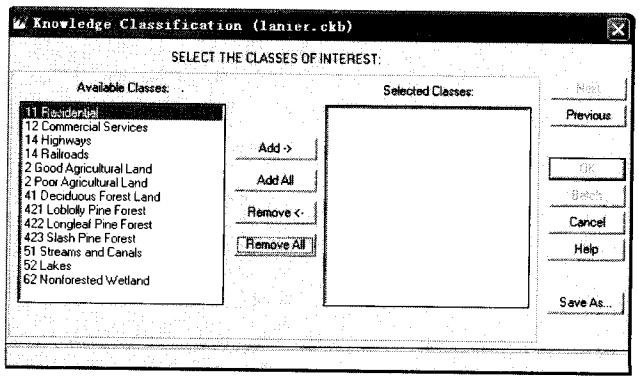


图 4.46　SELECT THE CLASS OF INTEREST 对话框

(Output Confidence Image)。

(4) 设置输出图像范围 (Area)，选择 Window/AOI 下拉选项，或通过单击 Set 按钮，通过文件导入；这里也要设置输出像元大小 (Cell Size)，选择 Specify/Maximum/Minimum，如果选择 Specify 则需单击 Set 按钮，设置输出像元。

(5) 单击 OK 按钮，关闭 SELECT CLASSIFICATION OUTPUT OPTIONS 对话框，如图 4.47 所示。

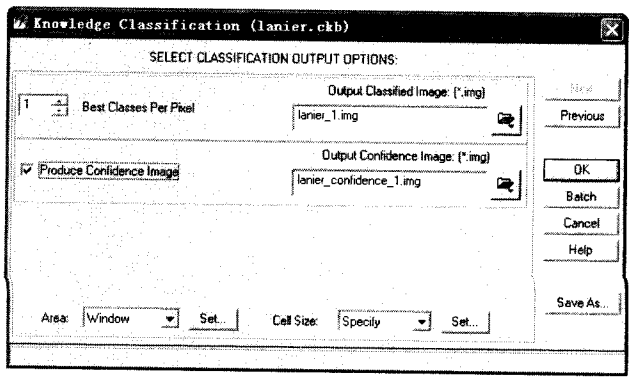


图 4.47　SELECT CLASSIFICATION OUTPUT OPTIONS 对话框

4.5　实例与练习：某地区的遥感影像分类

背景：现有某地区 TM 影像，需要进行土地利用类型划分，并对分类结果进行评价。本例中将对比非监督分类和监督分类两个方法，实现土地利用类型的划分。

目的：通过练习，熟练掌握并理解每种分类方法、评价方法的原理及实现过程，体会在具体应用中的适应性。

数据：某地区的 TM 影像；数据存放于… \ Ch4 \ Ex1 \ smtm. img。

非监督和监督分类流程图如图 4.48 所示。

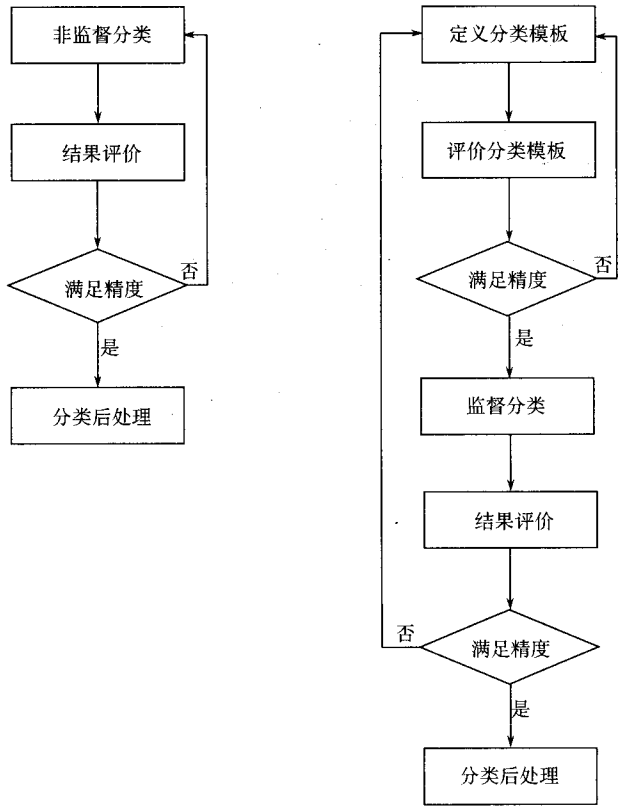


图 4.48　非监督分类和监督分类流程图

(1) 非监督分类。

① 在 ERDAS 面板工具中选择 Classifier | Unsupervised Classification 命令，打开非监督分类对话框。

② 选择处理图像文件（Input Raster File）为：smtm. img。

③ 在 Output Cluster Layer Filename 中输入 unsuper. img。

④ 在 Output Signature Set 中输入 unsuper. sig。

⑤ 选择 Initial from Statistics 方法，按照图像的统计值产生自由聚类。

⑥ 在 Number of Class 中输入 10，本例中最终要分出 5 种类型的地物，非监督分类中初始分类数目一般为最终结果的两倍以上，因此该处输入为 10。

⑦ 在 Maximum Iterations 中输入 12，确保循环次数。

⑧ 在 Convergence Threshold 中输入 0.95，以保证指两次分类结果相比保持不变的像元所占的最大比例为 0.95。

⑨ 在 Skip Factor 中 X 和 Y 分别设为 1。

⑩ 点击 OK 按钮，运行非监督分类。

(2) 监督分类。

① 定义分类模板。

• 在 Viewer 窗口中选择打开 smtm. img，在 Raster Options 选择 Fit to Frame。

• 单击 Classifer | Classification | Signature Editor，打开分类模板编辑器(Signature Editor)。

• 在 Viewer 窗口中点击 ，打开 Raster 工具面板。

• 选择 按钮，进入多边形 AOI 绘制状态，在图像上选择深蓝色区域，绘制一个多边形 AOI，在 Signature Editor 窗口，单击 按钮，将多边形 AOI 区域加载到 Signature Editor 分类模板属性表中。

• 在图像上继续选择深蓝色区域，再绘制一个多边形 AOI，在 Signature Editor 窗口，单击 按钮，将多边形 AOI 区域加载到 Signature Editor 分类模板属性表中。

• 用同样的方法加载 9 个深蓝色多边形 AOI。

• 在分类模板属性表中，依次单击这些 AOI 的 Class # 字段下的分类编号（按住 shift 键），并单击 ，将所选中的模板合并成一个新的模板，则生成一个新的模板。

• 单击其 Signature Name 属性进入编辑状态，输入 water，点击 Color 属性，选择深蓝色。

• 在 Signature Editor 菜单条，单击 Edit | Delete，删除合并前的模板。

• 在图像上继续选择多个砖红色区域 AOI（farmland），赭色区域 AOI（forest），绿色区域 AOI（grass），浅蓝色区域 AOI（resident）。

• 单击 Signature Edit | File | Save 命令，打开保存对话框，确定是保存所有模板(All)，并确定保存分类模板文件的目录（… \ Ch4 \ ex1 \ super）和文件名(super. sig)，单击 OK 按钮即可。

② 评价分类模板。

• 分类预警评价。

i. 选中 water 类别。

ii. 在 Signature Editor 窗口，选择某类或者某几类模板，单击 View | Image Alarm 命令，打开 Signature Alarm 对话框。

iii. 选中 Indicate Overlap 复选框，设置同时属于两个及以上的像元叠加预警显示，点击色框设置为黄色。

iv. 点击 Edit Parallelepiped Limit | Limit | Set，设置计算方法（Method）：Minimum/Maximum，并选择使用的模板：Current（当前模板）。

v. 设置完成后，单击 OK 按钮，返回 Limits 对话框，单击 Close 按钮，返回 Signature Alarm 对话框，单击 OK 按钮执行分类预警评价，形成预警掩膜，单击 Close 按钮，关闭 Signature Alarm 对话框。

vi. 在 Viewer 窗口，选择 Utility | Flick 命令，选择 Auto Mode，Speed 设为 600。

vii. 按照同样的方法分别对 forest farmland grass 类进行预警掩膜，查看准确性。结果发现 farmland 和 grass 分类面积过大，于是按照以上定义模板的方法选 AOI、删除、合并，再应用分类预警评价检验模板的准确性。

• 可能性评价。

i. 选中 Signature Editor 属性表中的所有类别。

ii. 单击 Evaluate | Contingency，打开 Contingency Matrix 对话框，Non-parametric Rule 选择 Feature Space，Overlap Rules 选择 Parametric Rule，Unclassified Rule 选择 Parametric Rule，Parametric Rule 选择 Maximum Likehood。

iii. 设置完成后，点击 OK 按钮，便显示分类误差矩阵，其结果如图 4.49 所示（…\Chp4\Ex1\super\contigency）。从分类误差的总体百分比来看，误差矩阵值大于 85%，这个结果是令人满意的。

ERROR MATRIX

Classified Data	Reference Data: water	resident	farmland
water	1230	2	0
resident	31	2802	305
farmland	1	64	8790
forest	0	2	32
grass	0	164	38
Column Total	1262	3034	9165

Classified Data	Reference Data: grass	Row Total
water	0	1232
resident	176	3341
farmland	9	9067
forest	9	6026
grass	3649	3862
Column Total	3843	23528

----- End of Error Matrix -----

图 4.49 误差矩阵

• 分类的分离性。

i. 在模板编辑器中选择 water、forest。

ii. 选择 Signature Editor | Evaluate | Separability 命令，打开 Signature Separability 对话框。

iii. 组合数据层数（Layers Per Combination）选择 3，Distance Measure 选择 Transformed Divergence，Output Form 选择 ASCII，Report Type 选择 Complete Report。

iv. 点击 OK 按钮完成设置，计算其分离性，结果如图 4.50 所示。

v. 依次选择其他的类计算分类的分离性。本实验中 TD 的值均大于 1700，则说明类可以分开，模板可以使用。

③ 进行监督分类。

• 完成以上步骤后便可以进行监督分类，步骤如下：

• 选择处理图像文件（Input Raster File）为：smtm. img。

• 在 Input Signature 中选择 super. sig。

• 在 Classified File 中设置输出数据存储路径及名称，这里为 super. img。

• 选中输出分类距离文件为 Distance File。

Distance measure: Transformed Divergence

Using bands: 1 2 3

Taken 3 at a time

Class

2 resident
3 farmland

Separability Listing

Bands	AVE	MIN	Class Pairs: 2: 3
1 2 3	1869	1869	1869

Best Minimum Separability

Bands	AVE	MIN	Class Pairs: 2: 3
1 2 3	1869	1869	1869

Best Average Separability

Bands	AVE	MIN	Class Pairs: 2: 3
1 2 3	1869	1869	1869

图 4.50 resident 和 farmland 的分离性结果

- 在 Non-Parametric Rule 中选择 Feature Space。
- 在 Overlap Rule 中选择 Parametric Rule。
- 在 Unclassified Rule 中选择 Parametric Rule。
- 在 Parametric Rule 中选择 Maximum Likelihood。
- 单击 OK 按钮，执行监督分类。

以下介绍对监督分类的结果评价和分类后处理，非监督分类的结果评价和分类后处理操作相同。

(3) 结果评价。

① 分类叠加。

结束非监督/监督分类后，在 Viewer 窗口打开 smtm. img 和 super. img，在打开 super. img 时 Raster Options 中去除 Clear Display 选项。

在 Viewer 窗口，选择 Utility | Flick 命令，选择 Auto Mode，Speed 设为 600。检查分类结果的准确性。

② 精度评估。

- 在 Viewer 中打开分类前的 smtm. img。
- 选择 Main | Image Classification | Classification | Accuracy Assessment 命令，点击 Select Viewer 按钮，将光标在显示有原始图像的视窗中点击一下，原始图像视窗与精度评估视窗相连接。

• 在精度评价对话框中设置随机点的色彩。在 Accuracy Assessment 对话框中，菜单条 View | Change Colors | Change color 面板，在 Points with no Reference 确定没有真实参考值的点的颜色，在 Points with Reference 确定有真实参考值的点的颜色，设为红色，单击 OK 按钮（执行参数设置），返回 Accuracy Assessment 对话框。

• 产生随机点。在 Accuracy Assessment 对话框，选择 Edit | Create/Add Random Points，打开 Add Random Points 对话框。在 Search Count 中输入确定随机点过程中使用的最多分析像元数，这个数目一般都比 Number of Point 大很多；在 Number of Points 中输入 15；在 Distribution Parameters 选择 Random。单击 OK 按钮，返回 Accuracy Assessment 对话框。

• 在 Accuracy Assessment 对话框，选择 View | Show All，所有随机点均以设定的颜色显示在视窗中。Edit | Show Class Values，各点的类别号出现在数据表的 class 字段中。

• 输入参考点的实际类别值。在 Accuracy Assessment 对话框，在数据表的 Reference 字段输入各个随机点的实际类别值。

• 设置分类评价报告输出环境及输出分类评价报告。Accuracy Assessment 对话框中，Report | Options，通过点击确定分类评价报告的参数。Report | Accuracy Report，产生分类精度报告。Report | Cell Report，报告有关产生随机点的设置及窗口环境。有报告将显示在 ERDAS 文本编辑器窗口，可以保存为文本文件。在 File | Save Table 中，保存分类精度评价数据表（Chp4 \ Ex1 \ super \ accuracy）。

(4) 分类后处理。

① 聚类统计。

• 选择处理图像文件（Input File）为 super. img。

• 在 Output File 中输入 super _ clump。

• 选择文件坐标类型（Coordinate Type）为 Map。

• 确定聚类统计邻域大小（Connect Neighbors）为 4。

• 点击 OK 按钮，执行聚类统计分析。

② 去除分析。

• 选择处理图像文件（Input File）为 super _ clump. img。

• 在 Output File 中输入 super _ eliminate。

• 文件坐标类型（Coordinate Type）选择 Map。

• 确定最小图斑大小（Minimum）为 20。

• 确定输出数据类型（Output），为 Unsigned 4 bit。

• 点击 OK 按钮，执行去除分析。

③ 分类重编码。

• 选择处理图像文件（Input File）为 super _ eliminate. img。

• 输出文件 super _ recode。

• 单击 Setup Recode，打开 Thematic Record。单击 New Value 字段进入输入状态，根据需要改变其值。其中包括 6 类：0 表示未知类型，1 表示林地，2 表示水面，3 表示草地，4 表示居民地，5 表示农田。

• 单击 OK 按钮。确定输出数据类型为 Unsigned 4 bit，单击 OK 按钮，完成设置，执行图像重编码。

输出图像将按照 New Value 变换主题分类图像属性，产生新的分类图像。

在本例中，经过野外考察，确定如下类别：林地、水面、林地、居民地和农田，共 5 类。陕北某地区 TM 影像（图 4.51），图 4.52（a）为非监督分类结果图，从调查结果和影像来看，非监督分类并不能准确地分出地物。例如，在影像的右下角处的林地，非监督分类的结果为水面，并且居民地和草地也不能准确地分出来。因此，需要结合调查的结果，进行监督分类，图 4.52（b）为监督分类结果图，结果可以较准确地区分出各类地物。



图 4.51　陕北某地区 TM 影像

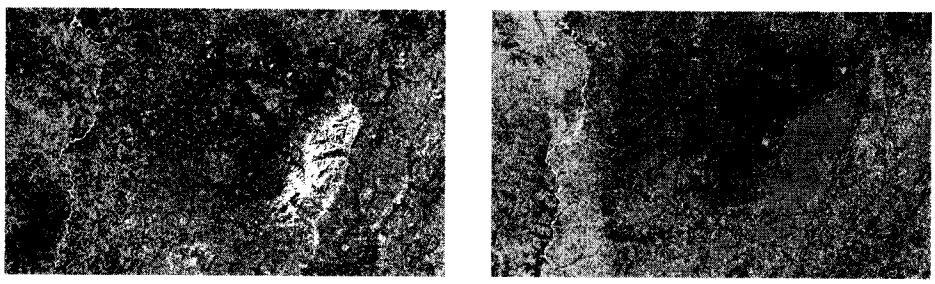


图 4.52　陕北某地区 TM 影像非监督分类结果

第五章　高光谱图像处理

高光谱分辨率遥感（Hyperspectral Remote Sensing），简称高光谱遥感，是在电磁波谱的紫外、可见光、近红外和中红外波段范围内，获取许多非常窄且光谱连续的影像数据的技术。常规遥感的波段宽度一般大于 50 nm，并且波段在电磁波谱上不连续，所有波段加起来并不能覆盖可见光到热红外的整个波谱范围，而高光谱遥感成像光谱仪可以提供数十个甚至数百个很窄的波段（波段宽度一般小于 10 nm）来接受信息，且能够产生一条连续完整的光谱曲线（Vane and Goetz，1993），光谱覆盖从可见光到红外光的全部电磁波谱范围，因此其信息量大大增加。许多地物的诊断性特征带宽只有 10～20nm，常规遥感传感器是无法探测的，而高光谱传感器极窄的波段宽度，足够识别这些地物特征（Jensen，2000）。高光谱遥感凭借着其明显的技术优势，在各领域展现出广阔的应用前景。目前已广泛应用于地质矿产调查、植被研究、环境监测、土壤调查、农作物估产、大气科学等领域中。

高光谱图像具有以下特点：

（1）波段多，光谱分辨率高，光谱间相关性较强。

（2）空间分辨高。高的光谱分辨率和空间分辨率是遥感技术发展的两个方向，这两个方向有趋于统一的趋势。

（3）由于波段多，狭窄且连续，使得高光谱数据量巨大、数据冗余严重。

一些常规遥感图像处理分析方法仍可用于高光谱影像。但由于高光谱图像波段多、光谱分辨率大、数据量大等特点，常规遥感图像处理方法并不完全适合高光谱图像处理，对它的处理需要一些特殊的方法和技术。

ERDAS IMAGINE 9.1 提供了一个高光谱分析工具，使高光谱数据的分析简单化、自动化。本章主要介绍高光谱分析工具中的各个功能，这些功能都在 Interpreter 图标下的 Basic HyperSpectral Tools 工具中（图 5.1）。本章使用的示例数据是一幅 1995 年美国内华达州某地的 AVIRIS 图像，从波段 172～221，共 50 个波段，文件格式为 IMAGINE Image，存放在光盘中：…\Chp5\Tutor\ex_hyper.img（图 5.2）。用户可以在 E 盘根目录下建立工作文件夹 E：Chp5\Tutor，将数据复制入其中，并将处理结果文件也保存在其中。

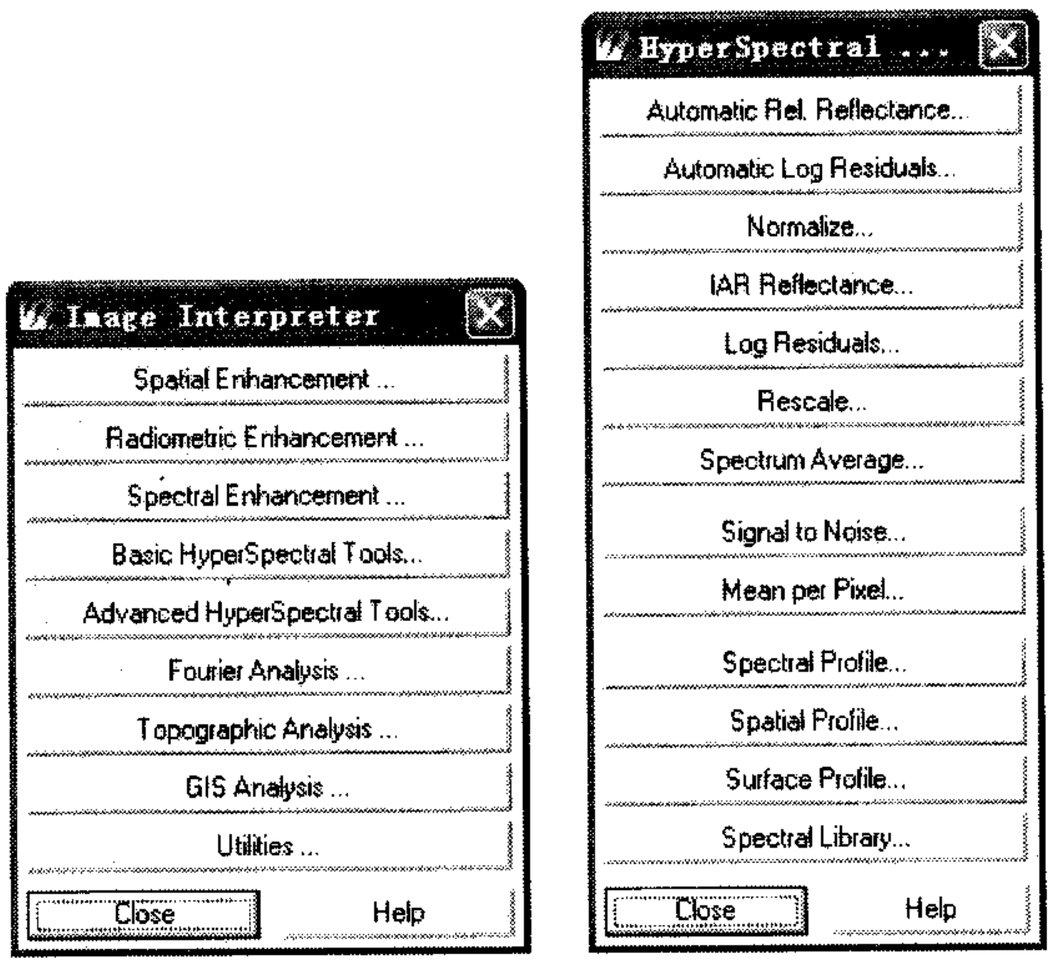


图 5.1　Basic HyperSpectral Tools 工具



图 5.2　实例图像 ex _ hyper. img

5.1　归一化处理

光谱归一化（Normalize），是将每一个像元的光谱值统一到整体平均亮度水平，以减小亮度差异。当图像亮度过于集中，差异较大时，可通过此功能改善图像对比度，从而改善图像质量。对于每一个像元 i，计算公式如下：

$$R'_\lambda = \frac{R_\lambda}{\frac{1}{N}\sum_{\lambda=1}^{N} R_\lambda} \tag{5.1}$$

式中：R_λ 是第 λ 波段的原光谱值；R'_λ 是第 λ 波段归一化后的光谱值；N 是波段数。归一化处理常用来减少或消除反照率变化和坡度变化对光谱图像的影响，或者消除系统误差影响。归一化虽然可以减小图像的亮度差异，但有时也会造成信息损失。因此，当图像覆盖两种或两种以上特征差异显著的地物时，该方法就不适用了。

（1）在 ERDAS 主窗口，选择 Interpreter 图标 | Basic HyperSpectral Tools | Normalize 命令，打开 Normalize 对话框（图 5.3）。

（2）选择处理图像文件（Input File）为 E:\Chp5 \Tutor\ex_hyper. img。

（3）设置输出文件(Output File)为 E:\Chp5\Tutor \Result\normalize. img。

（4）在 Coordinate Type 复选框选择文件的坐标类型，选择 Map 选项。

（5）在 Subset Definition 中定义处理的图像范围，这里有两种方法：

① 在 UL X、UL Y、LR X、LR Y 选框中输入图像处理范围。

② 点击“From Inquire Box”按钮，启动查询框，在视窗中单击右键，在弹出的快捷菜单中选择“Inquire Box”工具，可以在图像上自由选择处理范围，默认数值为整个图像范围。

（6）选中“Ignore Zero in Output Stats”复选框，表示在输出数据统计时忽略

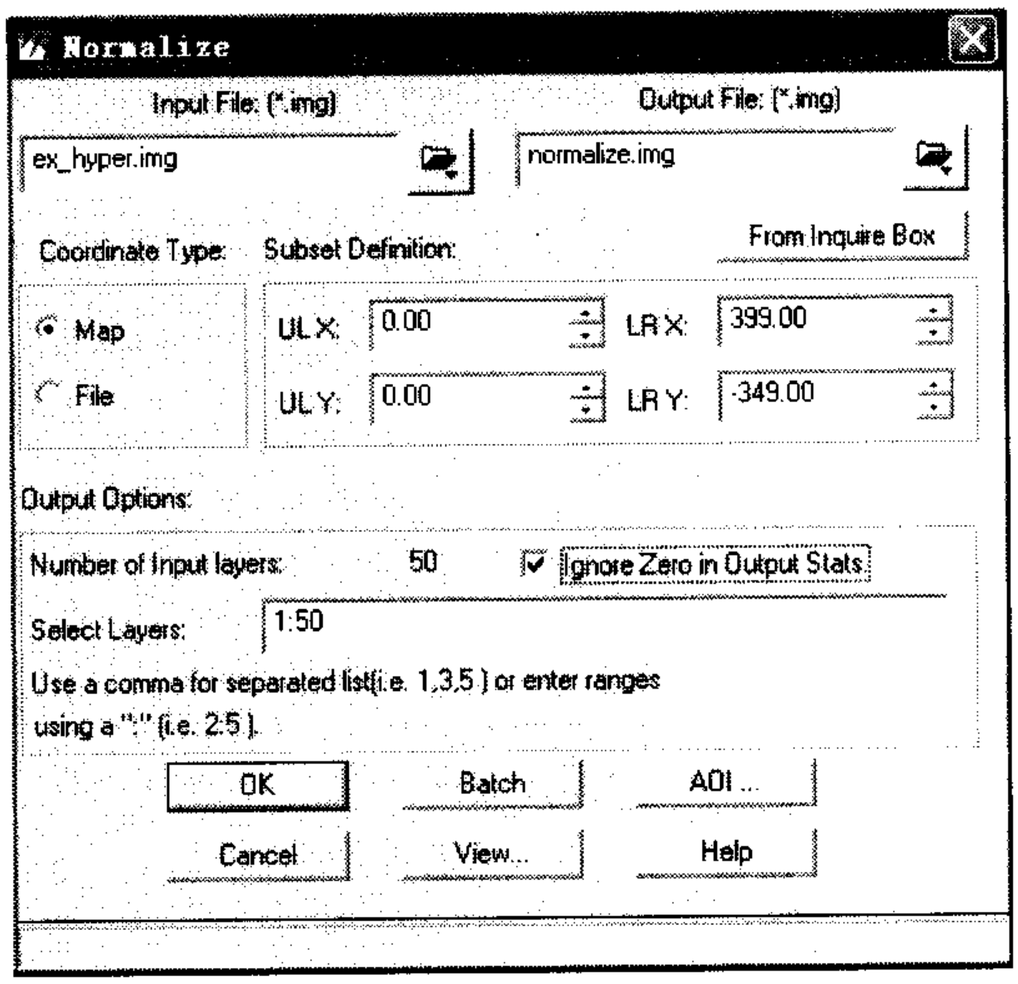


图 5.3　Normalize 对话框

零值。

（7）在 Select Layers 文本框内输入处理的波段，默认值为所有波段。

（8）单击 OK 按钮，开始执行操作，当处理进度条显示完成时，单击 OK 按钮即完成归一化处理。

处理后结果如图 5.4 所示。将同一波段的灰度直方图作比较，处理前的图像灰度值集中在 663～755 之间，图像色彩对比强烈（图 5.5）；而处理后的图像灰度直方图集中度减小（图 5.6），图像锐度降低，色彩较处理之前细腻，过渡较自然。



图 5.4　Normalize 处理结果

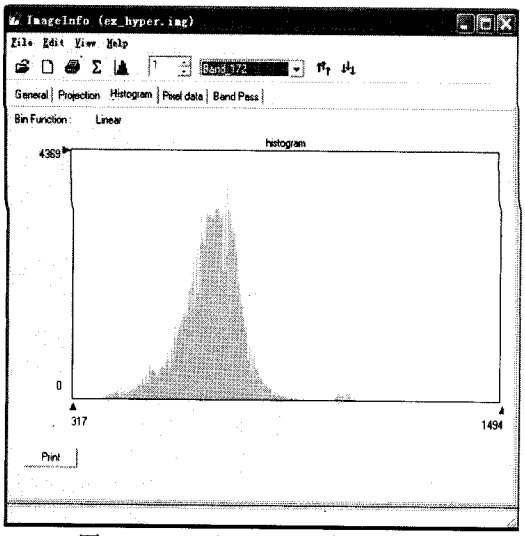


图 5.5 ex _ hyper. img 灰度直方图

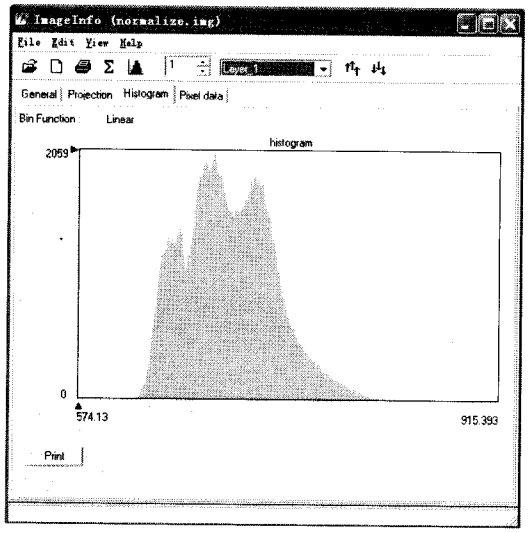


图 5.6 normalize. img 灰度直方图

5.2 数值调整

高光谱图像波段多，少则几十个，多则几百个；且很多影像数据的像元量化级大于8bit，或者是浮点型。因此数据量巨大，是常规影像的几十倍甚至几百倍，并且数据冗余严重。数值调整（Rescale）工具可以在保持光谱曲线形状不变的情况下，将数据的像元量化级调整为8bit，即灰度值调整为0～255之间，以达到压缩数据的目的。输入图像可以是任何量化级，但输出图像只是8bit。数值调整对整幅图像所有波段同时调整，而不是仅调整用户感兴趣的波段，因此也称为三维数值调整。

（1）在ERDAS主窗口，选择Interpreter图标 | Basic HyperSpectral Tools |

Rescale 命令，打开 3 Dimensional Rescale 对话框（图 5.7）。

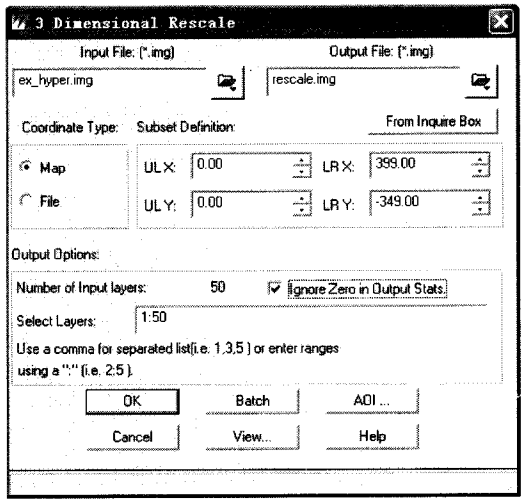


图 5.7　3 Dimensional Rescale 对话框

(2) 选择处理图像文件（Input File）为 E：\Chp5\Tutor\ex_hyper. img。

(3) 设置输出文件（Output File）为 E：\Chp5\Tutor\Result\rescale. img。

(4) 在 Coordinate Type 复选框选择文件的坐标类型为 Map。

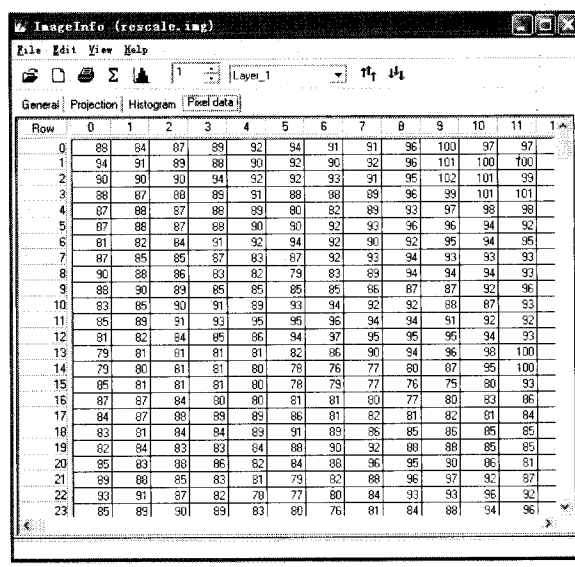
(5) 在 Subset Definition 中定义处理的图像范围。

(6) 选择图像输出时忽略零值。

(7) 在 Select Layer 文本框内输入处理的波段，这里选择默认的 1～50 波段。

(8) 单击 OK 按钮，开始对图像的处理。

打开 rescale. img 的信息对话框，选择 Pixel data 选项卡（图 5.8），可以看到



Row	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	88	84	87	89	92	94	91	91	96	100	97	97
1	94	91	89	88	90	92	90	92	96	101	100	100
2	90	90	90	94	92	92	93	91	95	102	101	99
3	88	87	88	89	91	88	88	89	96	99	101	101
4	87	88	87	88	89	80	82	89	93	97	98	98
5	87	88	87	88	90	90	92	93	96	96	94	92
6	81	82	84	91	92	94	92	90	92	95	94	95
7	87	85	85	87	83	87	92	93	94	93	93	93
8	90	88	86	83	82	79	83	89	94	94	94	93
9	88	90	89	85	85	85	86	86	87	87	92	96
10	83	85	90	91	89	93	94	92	92	88	87	93
11	85	89	91	93	96	96	96	94	94	91	92	92
12	81	82	84	85	86	94	97	95	95	95	94	93
13	79	81	81	81	81	82	86	90	94	96	98	100
14	79	80	81	81	80	78	76	77	80	87	95	100
15	85	81	81	81	80	78	79	77	76	75	80	93
16	87	87	84	90	80	81	81	80	77	80	83	86
17	84	87	88	89	89	86	81	82	81	82	81	84
18	83	81	84	84	89	91	89	86	85	86	85	85
19	82	84	83	83	84	88	90	92	88	88	85	85
20	85	83	88	86	82	84	88	96	95	90	86	81
21	89	88	85	83	81	79	82	88	96	97	92	87
22	93	91	87	82	78	77	80	84	93	93	96	92
23	85	89	90	89	83	80	76	81	84	88	94	96

图 5.8　rescale. img 信息表

rescale. img 的像元灰度值均已调整到 0～255。分别做 ex _ hyper. img 和 rescale. img 的同一个像元的光谱曲线（图 5.9，图 5.10），可以看出 rescale. img 的光谱曲线是没有发生改变的，即数值调整仅将图像灰度值进行了压缩，并没有改变图像的光谱特征。

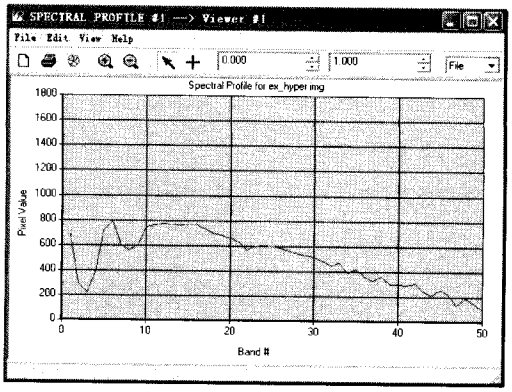


图 5.9　ex _ hyper. img 像元光谱曲线图

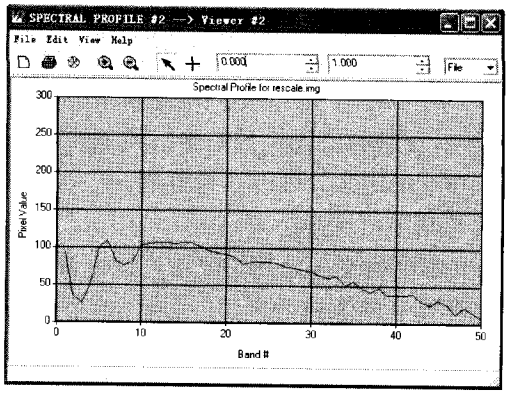


图 5.10　rescale. img 像元光谱曲线

5.3　相对反射

传感器接收到的辐照度与两个方面有关，即太阳辐射到地面的辐照度和地物的光谱反射率。在辐射传输过程中，由于大气的存在，大气的吸收、散射，影响了辐射到达传感器的辐照度，从而产生辐射畸变。要消除大气环境对遥感信息提取的影响，就需要找出大气与地物反射率的关系，将图像灰度值转换为地物反射率值，从而提取出地物光谱反射率。大气校正是高光谱遥感图像处理的关键技术之一，是进行高光谱遥感数据定量分析、特征提取、辐射比图像转换和光谱重建等研究的基础。

目前，大气校正方法主要有基于图像特征的定标模型、基于地面线性回归经验模型、基于大气辐射传输理论模型和其他模型。基于图像特征的定标模型不需要进行实际地面光谱及其大气环境参数等辅助数据的测量，仅利用图像数据本身进行反射率的反演，简单实用。内在平均相对反射率和对数残差都是基于图像特征的反射率反演模型。

5.3.1 内在平均相对反射

内在平均相对反射（Internal Average Relative Reflectance）是基于图像特征模型的定标模型，首先计算每个波段的像元平均光谱值，得到整幅图像的平均参考光谱，再用每个像元的光谱值除以对应波段的平均光谱值，作为每个像元的相对反射值。这样原始图像的像元灰度值就变成了像元相对反射值。内在平均相对反射虽然得到的是相对反射率，但也能够反映出地物的反射特性。

该方法的不足之处在于，当图像某些位置出现强吸收特征时，参考光谱受其影响而偏低，导致其他不具备此吸收特征的地物光谱出现与该吸收特征相应的假反射峰，使计算结果出现误差（Kruse，et al.，1988）。

（1）在 ERDAS 主窗口中，选择 Interpreter 图标 | Basic HyperSpectral Tools | IAR Reflectance 命令，打开 Internal Average Relative Reflectance 对话框（图 5.11）。

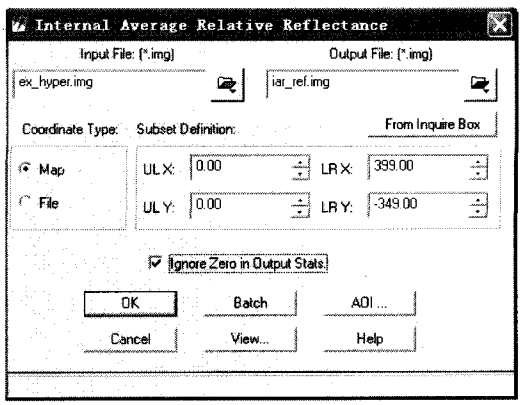


图 5.11　Internal Average Relative Reflectance 对话框

（2）选择处理图像文件（Input File）为 E：\Chp5\Tutor\ex_hyper.img。

（3）设置输出文件（Output File）为 E：\Chp5\Tutor\Result\iar_ref.img。

（4）在 Coordinate Type 复选框选择文件的坐标类型为 Map。

（5）在 Subset Definition 中定义处理的图像范围。

（6）选择 Ignore Zero in Output Stats，图像输出时忽略零值。

（7）单击 OK 按钮，开始执行 Internal Average Relative Reflectance 操作。

处理结果如图 5.12 所示。图 5.13 显示了原 ex_hyper 图像经过内在平均相对反射功能后，消除了大气影响，其灰度值已转变为相对反射率。这种方法在没有植被覆盖的干旱区域能得到非常好的结果。

5.3.2 自动相对反射

ERDAS IMAGINE 9.1 还提供了自动相对反射（Automatic Internal Average

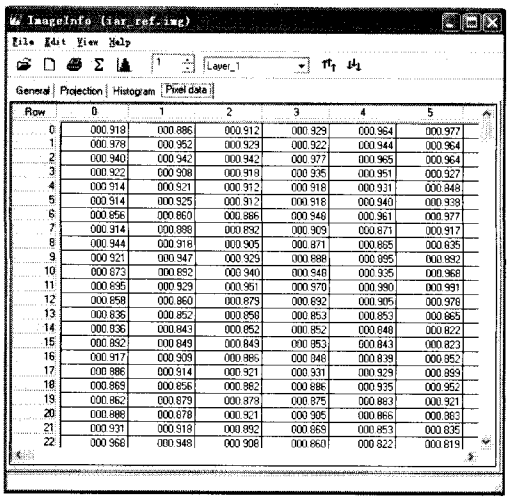


图 5.12　Internal Average Relative Reflectance 处理结果



图 5.13　iar _ ref. img 信息表

Relative Reflectance）功能。自动相对反射是将三个常用的高光谱图像增强功能集成在一起，即归一化处理、内在平均相对反射和数值调整。每一步的算法与子功能一样。这使得用户不用再分别执行每一个功能，一次即可对图像进行亮度调整、大气校正以及数值调整，操作更加方便。

（1）在 ERDAS 主窗口，选择 Interpreter 图标 | Basic HyperSpectral Tools | Automatic Rel. Reflectance 命令，打开 Automatic Internal Average Relative Reflectance 对话框（图 5.14）。

（2）选择处理图像文件（Input File）为 E:\Chp5\Tutor\ex_hyper. img。

(3) 设置输出文件 (Output File) 为 E:\Chp5\Tutor\Result\rel_ref. img。

(4) 在 Coordinate Type 复选框中选择文件的坐标类型为 Map。

(5) 在 Subset Definition 中定义处理的图像范围。

(6) 选中 "Ignore Zero in Output Stats" 复选框，输出时忽略零值。

(7) 在 Select Layer 文本框内输入处理的波段，这里选择默认的 1～50 波段。

(8) 单击 OK 按钮，开始执行 Automatic Internal Average Relative Reflectance 操作。

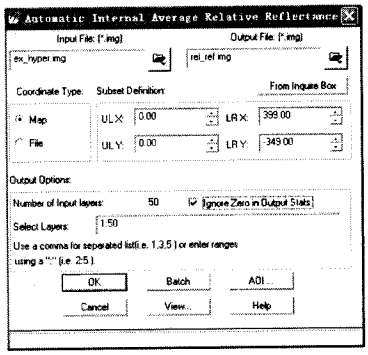


图 5.14 Automatic Internal Average Relative Reflectance 对话框

5.4 对数残差

5.4.1 对数残差

对数残差 (Log Residuals) 是由 Gree 和 Graig 等提出的一种基于图像特征的反射率反演模型，得到地物反射率的对数形式。该功能对太阳辐射衰减、大气影响以及地形的影响有一定的校正作用。它的计算公式如式 (5.2) 所示：

$$DN_{i\lambda} = T_i \times R_{i\lambda} \times I_\lambda \times M \tag{5.2}$$

式中：i 表示像元，λ 表示波长。$DN_{i\lambda}$ 表示传感器接收到的第 i 个像元在波长 λ 处的辐射值。T_i 是地形因子，对一给定的像元，在任何波段该值是一常数。$R_{i\lambda}$ 是第 i 个像元在波长 λ 处的反射率。I_λ 是照度因子，描述太阳的辐射亮度曲线，对一给定的波段，对任何像元，该值保持恒定。M 是所有波段所有像元的均值。为防止溢出，对式 (5.2) 进行对数运算，得到式 (5.3)，从而得到地物光谱反射率的对数形式。

$$\log_2(R_{i\lambda}) = \log_2(DN_{i\lambda}) - \log_2(T_i) - \log_2(I_\lambda) - \log_2(M) \tag{5.3}$$

(1) 在 ERDAS 主窗口，选择 Interpreter 图标 | Basic HyperSpectral Tools | Log Residuals 命令，打开 Log Residuals 对话框 (图 5.15)。

(2) 选择处理图像文件 (Input File) 为 E:\Chp5\Tutor\ex_hyper. img。

(3) 设置输出文件 (Output File) 为 E:\Chp5\Tutor\Result\log_res. img。

(4) 在 Coordinate Type 复选框选择文件的坐标类型为 Map。

(5) 在 Subset Definition 中定义处理的图像范围。

(6) 选中 "Ignore Zero in Output Stats" 复选框，输出时忽略零值。

(7) 在 Select Layer 文本框内输入处理的波段，这里选择默认的 1～50 波段。

(8) 单击 OK 按钮，开始对图像处理。

图 5.16 左图是计算结果，右图是 log_res. img 的信息表，可以看到图像灰度值已经转变为地物反射率的对数值。

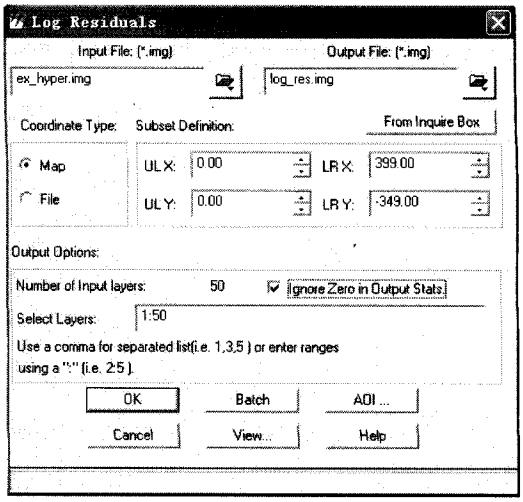


图 5.15　Log Residuals 对话框

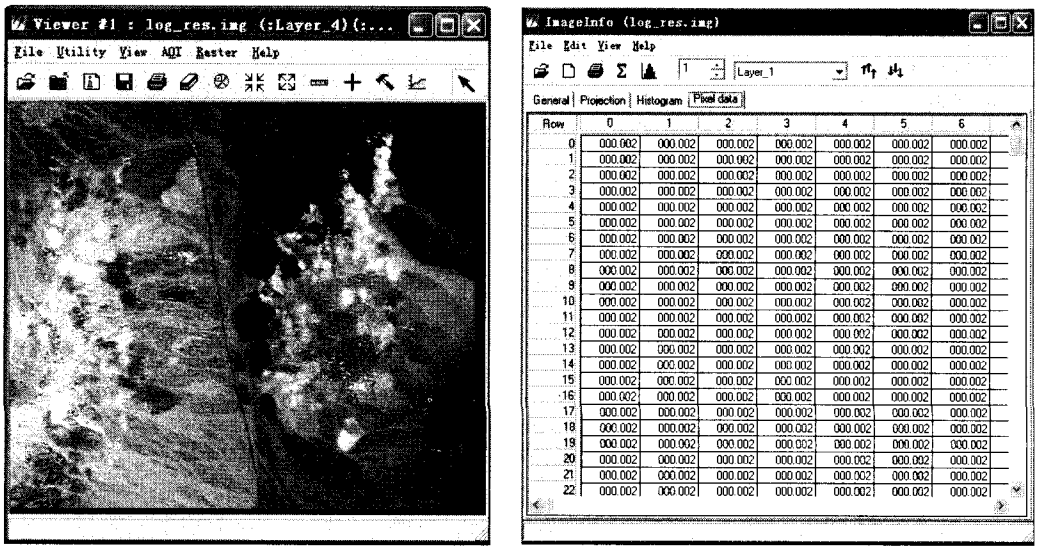


图 5.16　Log Residuals 处理结果

5.4.2　自动对数残差

同自动相对反射类似，ERDAS IMAGINE 9.1 也提供了自动对数残差（Automatic Log Residuals）功能。它是将归一化处理、对数残差和数值调整三个高光谱图像增强功能集成在一起，每一步的算法与子功能一样。一次操作即可完成图像增强。

（1）在 ERDAS 主窗口，选择 Interpreter 图标 | Basic HyperSpectral Tools | Automatic Log Residuals 命令，打开 Automatic Log Residuals 对话框（图 5.17）。

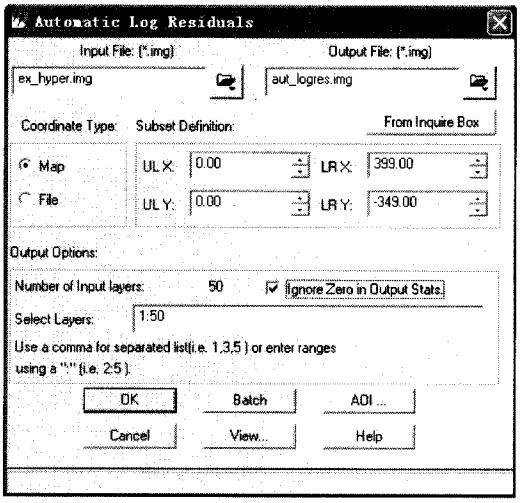


图 5.17 Automatic Log Residuals 对话框

(2) 选择处理图像文件 (Input File) 为 E: \Chp5\Tutor\ex_hyper.img。

(3) 设置输出文件 (Output File) 为 E: \Chp5\Tutor\Result\aut_logres.img。

(4) 在 Coordinate Type 复选框选择文件的坐标类型为 Map。

(5) 在 Subset Definition 中定义处理的图像范围。

(6) 选中 "Ignore Zero in Output Stats" 复选框，输出时忽略零值。

(7) 在 Select Layer 文本框内输入处理的波段，这里选择默认的 1～50 波段。

(8) 单击 OK 按钮，开始对图像的处理。

5.5 均　　值

5.5.1 光谱均值

光谱均值 (Spectrum Average) 计算的是每一波段的像元集的平均光谱值。光谱均值常用来作为遥感影像分类的统计量，也可以保存到光谱库中，用以后续的比较分析。参与计算的像元集在空间上可以是不连续的，并且没有像元数量的限制。处理后的图像每一波段只有一个数值，即该波段参与计算像元的均值。

(1) 在 ERDAS 主窗口，选择 Interpreter 图标 | Basic HyperSpectral Tools | Spectrum Average 命令，打开 Spectrum Average 对话框 (图 5.18)。

(2) 选择处理图像文件 (Input File) 为 E: \Chp5\Tutor\ex_hyper.img。

(3) 设置输出文件 (Output File) 为 E: \Chp5\Tutor\Result\spec_ave.img。

(4) 计算光谱均值时，必须使用 AOI (Area of Interest) 来选择像元集范围，这里有三种方法。

① 在 Spectrum Average 对话框，单击 Select Area Of Interest 按钮，打开 Choose

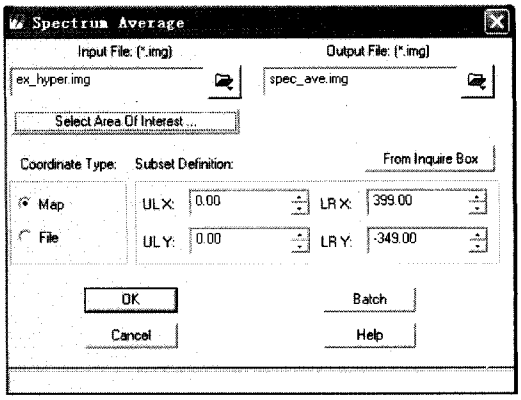


图 5.18　Spectrum Average 对话框

AOI 对话框，选择“AOI File”，可以指定一个已有的 AOI 文件作为处理范围。

② 在 Viewer 视窗中，利用 AOI 选择工具按钮 □，选定处理范围（图 5.19），单击 Spectrum Average 对话框中的 Select Area Of Interest 按钮，打开 Choose AOI 对话框，选中 Viewer 复选框（图 5.20）。

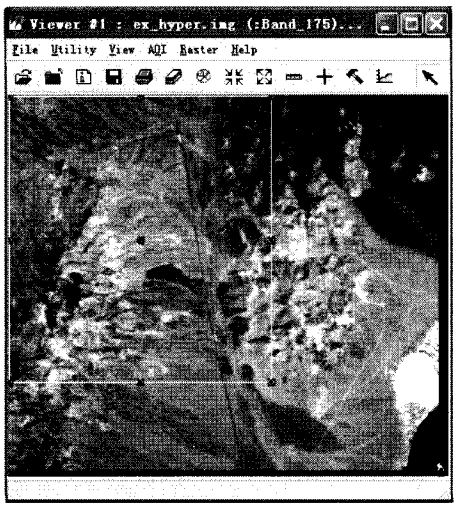


图 5.19　在视窗中选择处理范围

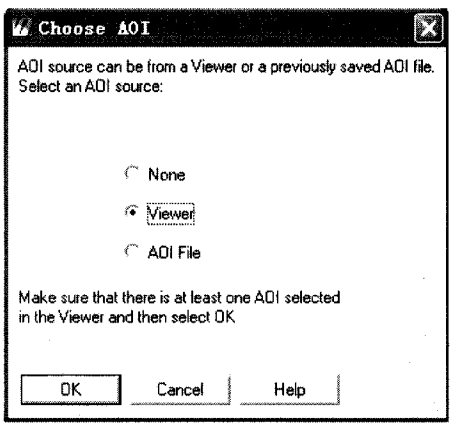


图 5.20　Choose AOI 对话框

③ 在 Viewer 视窗菜单栏中，选择 Utility | Inquire Box 命令，用查询框选定像元集，再单击 Spectrum Average 对话框中的 From Inquire Box 按钮，像元集的坐标就显示在 Subset Definition 文本框中。然后单击 Select Area Of Interest 按钮，打开 Choose AOI 对话框，选中 Viewer 复选框。

这里选择第二种方法，使用 AOI 工具选定处理范围。

（5）在 Coordinate Type 复选框中，选择文件的坐标类型为 Map。

（6）单击 OK 按钮，开始对图像处理。

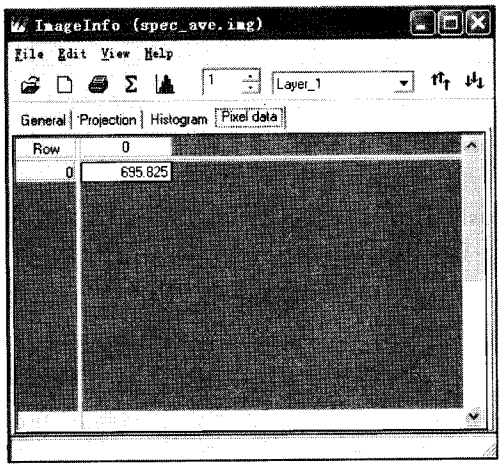


图 5.21　光谱均值处理结果示意

图 5.21 是光谱均值的结果，每一波段只有一个值，这个值就是该波段像元集的平均光谱值。该值可以作为影像分类的统计量。

5.5.2　像元均值

像元均值（Mean Per Pixel）计算的是每个像元的平均光谱值，并将计算结果值调整到 0～255 之间。无论输入波段有几个，得到的都是单波段图像。像元均值功能可以根据像元与周围像元集的亮度值比较，检测出异常像元，可以直观地检查坏像元，用来评价传感器性能。

（1）在 ERDAS 主窗口，选择 Interpreter 图标 | Basic HyperSpectral Tools | Mean Per Pixel 命令，打开 Mean Per Pixel 对话框，如图 5.22 所示。

（2）选择处理图像文件（Input File）为 E：\ Chp5 \ Tutor \ ex _ hyper. img。

（3）设置输出文件（Output File）为 E：\ Chp5 \ Tutor \ Result \ pixel _ ave. img。

（4）在 Coordinate Type 复选框中，选择文件的坐标类型为 Map。

（5）在 Subset Definition 中定义处理的图像范围。

（6）在 Output Type 下拉菜单中可以选择输出的数据类型。

（7）选中“Stretch Output To 8 bit”复选框，表示将输出图像的像元量化级调整到 8bit，即像元值拉伸至 0～255 之间。

（8）选中“Ignore Zero in Output Stats”复选框，输出时忽略零值。

（9）在 Select Layer 文本框内输入处理的波段，1～50 波段。

（10）单击 OK 按钮，开始对图像处理。

图 5.23 是经像元均值处理后的图像。图中椭圆中的像元亮度值与周围像元亮度值出现较大差异。椭圆 1 中的像元显著暗于周围像元，椭圆 2 中的像元显著亮于周围像元。因此可初步判定此处像元为坏像元。

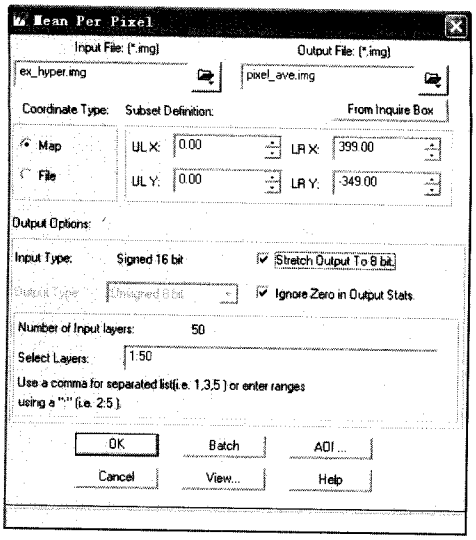


图 5.22　Mean Per Pixel 对话框

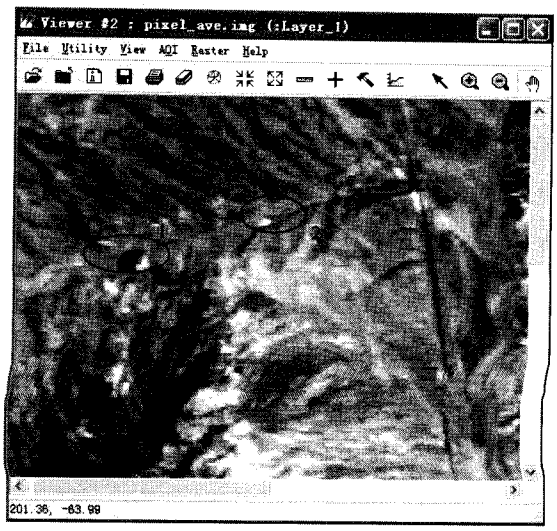


图 5.23　像元均值处理结果

5.6　剖　　面

剖面曲线通常用平面坐标曲线表示，以波长为横坐标，反射率为纵坐标，它可以直观地反映地物反射率随波长变化的特征，为地物识别、影像信息提取提供依据，是遥感图像分析的基础。ERDAS IMAGINE 9.1 提供了三个剖面工具，即光谱剖面（Spectral Profile）、空间剖面（Spatial Profile）和三维空间剖面（Surface Profile）。

5.6.1 光谱剖面

光谱剖面曲线（Spectral Profile）描述的是某一像元在所有波段的光谱值的变化。以波段为横坐标，以像元灰度值为纵坐标，每一个像元都可得到一条剖面曲线。光谱剖面是分析高光谱数据的基础，将得到的光谱剖面曲线与已知曲线相匹配，可分析估计像元内地物的化学组成。

（1）打开一个 Viewer 视窗，加载经过内在平均相对反射处理的图像，E：\Chp5\Tutor\Result\iar_ref.img。

（2）在 ERDAS 主窗口，选择 Interpreter 图标 | Basic HyperSpectral Tools | Spectral Profile 命令，弹出“Viewer Selection Instructions”指示窗口（图 5.24）。也可以直接点击工具，在弹出的对话框中选择。

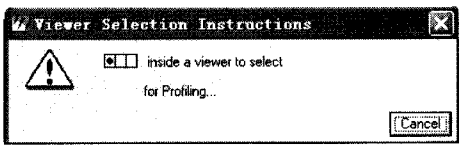


图 5.24　Viewer Selection Instructions 指示窗口

（3）在视窗中单击要绘制光谱剖面曲线的图像，弹出 SPECTRAL PROFILE 窗口（图 5.25），在此可以制作每个像元的光谱剖面曲线，并对剖面曲线进行编辑处理。

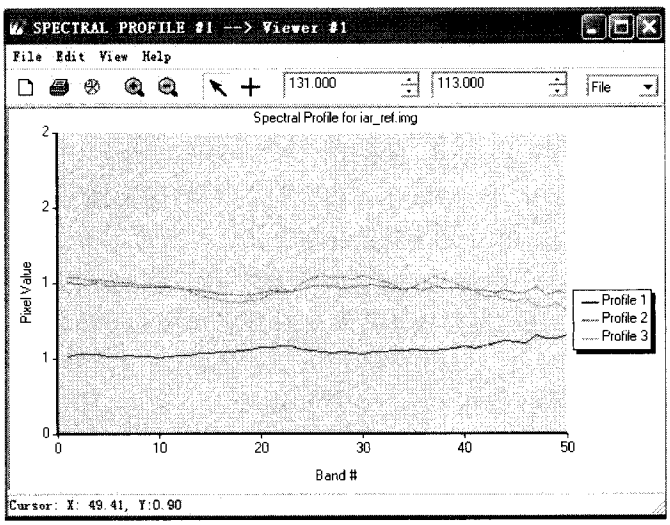


图 5.25　SPECTRAL PROFILE 窗口

（4）在 SPECTRAL PROFILE 窗口中，点击工具栏中的 Create New Profile Point in Viewer 按钮 +，然后在图像窗口中选择要生成剖面曲线的像元，则该像元的光谱剖面曲线自动生成在 SPECTRAL PROFILE 窗口中。横坐标是光谱波段，纵坐标是像元

的灰度值。

（5）工具栏的三个文本框分别显示了像元的坐标以及坐标类型。

（6）选择 Edit | Chart Options 命令，打开 Chart Options 对话框，可以编辑坐标轴及显示背景。

（7）选择 Edit | Chart Legend 命令，打开 Legend Editer 对话框，编辑曲线及图例。

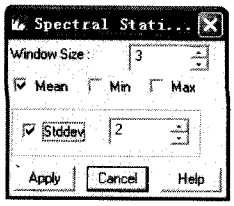


图 5.26 Spectral Statistics 对话框

（8）选择 Edit | Plot Stats 命令，打开 Spectral Statistics 对话框，进行统计分析（图 5.26）。在 Window Size 中选择统计窗口的大小，在 Mean（Min、Max、Stddev）前打钩，表示以统计窗口内像元的平均光谱值（最小值、最大值、标准差）作为该像元的值，生成曲线图。

（9）选择 View | Tabular Data 命令，打开 Profile Tabular Data 窗口（图 5.27），该窗口以表格的形式将光谱剖面曲线及统计值显示出来。

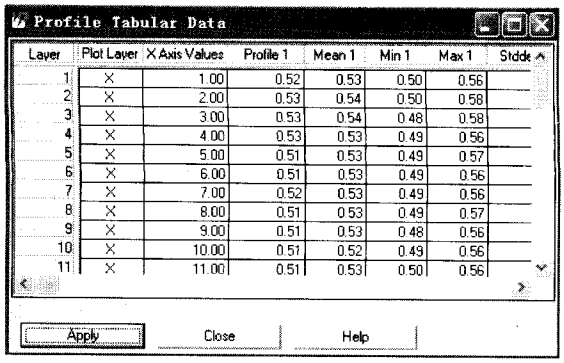


图 5.27 Profile Tabular Data 窗口

（10）选择 File | Export Data 命令，将生成的光谱剖面曲线保存至 E:\Chp5\Tutor\Result\ cupr. sif，也可保存至光谱库中。

（11）选择 View | Spec View 命令，打开 Spec View 窗口，可以查看光谱库中的光谱曲线。也可以看到用户自己保存在光谱库里的光谱剖面曲线。

5.6.2 空间剖面

空间剖面（Spatial Profile）反映的是影像上两点之间的横断面亮度值，通过它用户可以看到单波段或多波段连续像元的反射值变化。

（1）打开一个 Viewer 视窗，加载高光谱影像 E:\Chp5\Tutor\Result\iar_ref. img。

（2）在 ERDAS 主窗口，选择 Interpreter 图标 | Basic HyperSpectral Tools | Spatial Profile 命令，弹出“Viewer Selection Instructions”窗口。

（3）在视窗中单击要绘制空间剖面的图像，弹出 SPATIAL PROFILE 窗口

(图 5.28)，在此用户可以制作自定义曲线的空间剖面，并对其进行编辑处理。

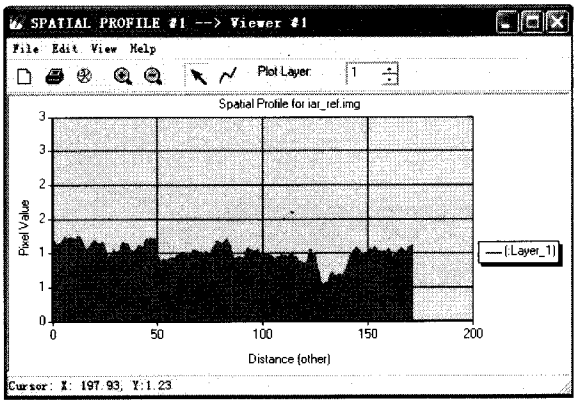


图 5.28 SPATIAL PROFILE 窗口

(4) 在 SPATIAL PROFILE 窗口中，点击工具条中的 Create New Polyline in Viewer 按钮，然后在图像窗口中绘制一条直线或折线，双击鼠标左键结束绘制。该线的空间剖面自动生成在 SPATIAL PROFILE 窗口中。横坐标表示线段起点与终点间的距离，纵坐标表示像元的灰度值。

(5) SPATIAL PROFILE 窗口工具条中的 Plot Layer 显示了当前的波段，也可以选择查看其他波段的空间剖面。

(6) 选择 Edit | Chart Options 命令，打开 Chart Options 对话框，可以编辑坐标轴及背景。

(7) 选择 Edit | Chart Legend 命令，打开 Legend Editer 对话框，编辑曲线及图例。

(8) SPATIAL PROFILE 窗口不仅可以显示单波段的空间剖面，还可以显示多波段的空间剖面。选择 Edit | Plot Layers 命令，打开 Band Combinations 对话框（图 5.29），从 Layer 栏里可以选择欲查看的多个波段加入到 Layer to Plot 栏里，点击 Apply 按钮，SPATIAL PROFILE 窗口自动生成多个波段的空间剖面。

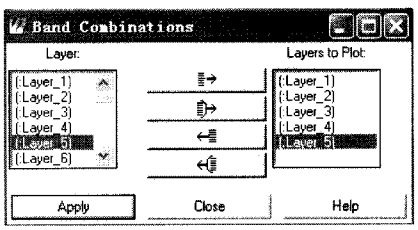


图 5.29 Band Combinations 窗口

(9) 选择 Edit | 3D View 命令，则以 3 维显示多波段的空间剖面（图 5.30），X 轴表示线段起止点间的空间距离，Y 轴表示波段数，Z 轴表示像元灰度值。要回到二维视图，只需去掉 3D View 命令前的小勾即可。

5.6.3 三维空间剖面

三维空间剖面（Surface Profile）可以直观地显示空间数据集的光谱值的空间起伏状况。

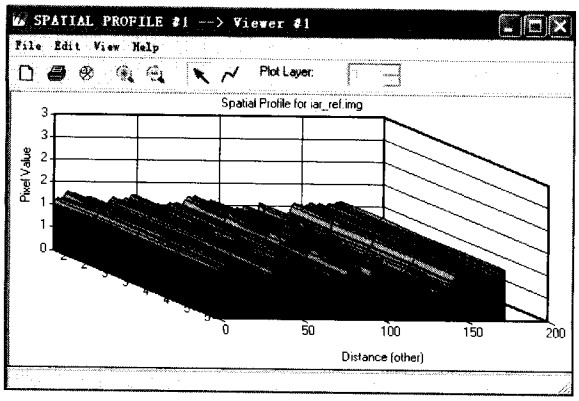


图 5.30　空间剖面的三维显示

(1) 打开一个 Viewer 视窗，加载高光谱影像 E：\Chp5\Tutor\iar_ref.img。

(2) 在 ERDAS 主窗口，选择 Interpreter 图标 | Basic HyperSpectral Tools | Surface Profile 命令，弹出“Viewer Selection Instructions”指示窗口。

(3) 在视窗中单击要绘制三维空间剖面的图像，弹出 SURFACE PROFILE 窗口，在此用户可以制作像元集的三维空间剖面，并对其进行编辑处理。

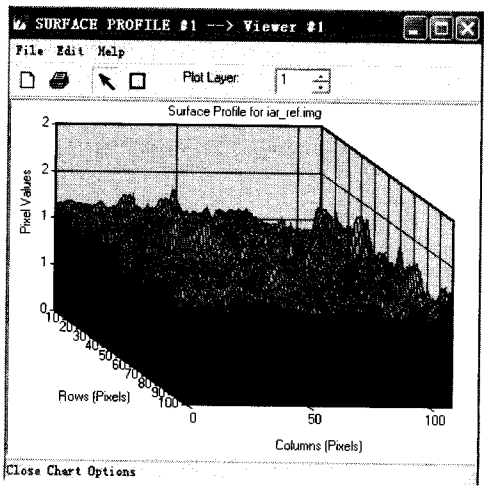


图 5.31　三维空间剖面图

(4) 在 SURFACE PROFILE 窗口中，点击工具条中的 Create Box in Viewer 按钮，然后在图像窗口中绘制一矩形，该矩形所覆盖像元集的三维空间剖面则自动生成在 SURFACE PROFILE 窗口中。X 轴表示像元集的列数，Y 轴表示像元集的行数，Z 轴表示像元的灰度值（图 5.31）。

(5) SURFACE PROFILE 窗口工具条中的 Plot Layer 显示了当前的波段，也可以选择浏览其他波段的三维空间剖面。

(6) 选择 Edit | Chart Options 命令，打开 Chart Options 对话框，可以对三维空间剖面的坐标轴、背景等显示进行编辑。

(7) 选择 Edit | Overlay Thematic（GrayScale，TrueColor）命令，确定图像文件和波段组合，所选图像文件波段的色彩信息就在三维空间剖面上叠加显示出来。

(8) 选择 Edit | Delete Overlay 命令，删除叠加显示的色彩信息。

5.7 信 噪 比

信噪比（Signal to Noise）功能常用来评价图像单波段的可利用程度及其有效性。它是对每一个波段在一个 3×3 的移动窗口中，计算像元均值与像元标准差的比值，将该值作为窗口中心像元的信噪比值。

在评价影像质量时，各通道数据的信噪比是一个非常重要的评价量。噪声的大小决定了地物识别的精度，为了探测地物的吸收特征，噪声等级应该比吸收深度大约小一个数量级。而仅有噪声信息还不够，因为同样水平的噪声在信号弱时对数据质量的影响要比信号强时大，所以必须考虑信噪比，以此来判断哪些波段不适于后续分析而剔除掉该波段。

（1）在 ERDAS 主窗口，选择 Interpreter 图标 | Basic HyperSpectral Tools | Signal to Noise 命令，打开 Signal to Noise 对话框，如图 5.32 所示。

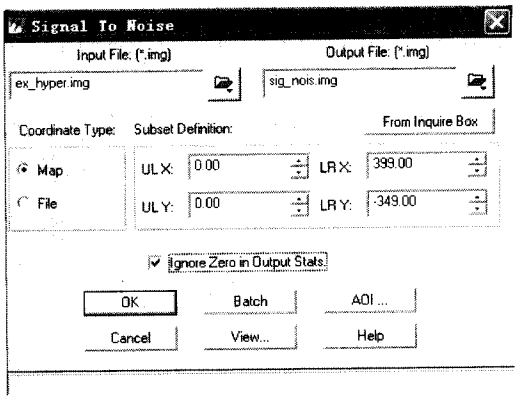


图 5.32 Signal To Noise 对话框

（2）选择处理图像文件（Input File）为 E:\Chp5\Tutor\ex_hyper.img。

（3）设置输出文件（Output File）为 E:\Chp5\Tutor\Result\sig_nois.img。

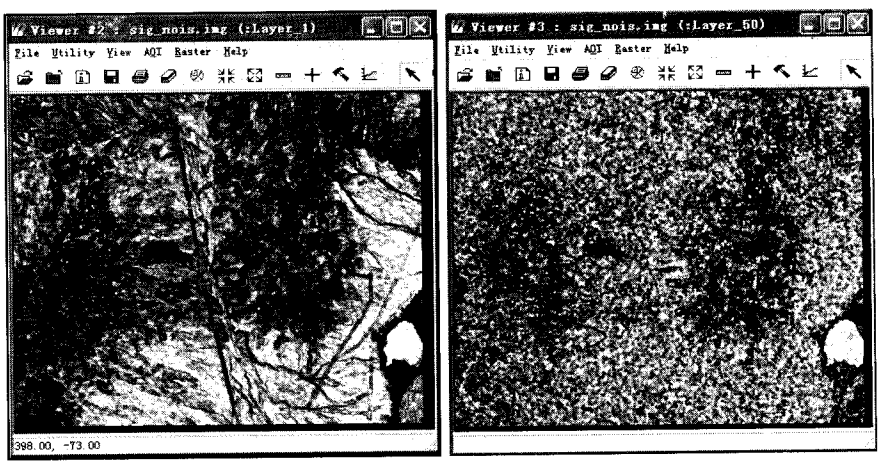
（4）在 Coordinate Type 下的复选框，选中 Map 复选框。

（5）在 Subset Definition 中定义处理的图像范围。

（6）选择 Ignore Zero in Output Stats，图像输出时忽略零值。

（7）单击 OK 按钮，开始对图像处理。

处理的结果如图 5.33（a）是第 172 波段的信噪比，图 5.33（b）是



(a) 第172波段信噪比　　(b) 第221波段信噪比

图 5.33 图像的处理结果

第 221 波段的信噪比。图中亮度大的像元信噪比大，亮度小的像元信噪比小。相比较而言，第 172 波段的信噪比小于第 221 波段的信噪比。也就是说，第 172 波段的数据质量比第 221 波段高。

5.8 光 谱 库

ERDAS IMAGINE 9.1 的光谱数据库（Spectral Library），提供了三个光谱库：美国喷气推进实验室（JPL）、美国地质测量局（USGS）和 ERDAS 自己建立的地物光谱库，包括大量地物特别是矿物的特征谱线。由于这些实验室光谱是在控制的光照条件下测得的，且不受大气影响，因此通常认为它们是较精确的。

用户可以将自己的研究结果与光谱库中的光谱曲线进行比较、匹配，以判断目标地物的化学组分，也可以将其当做图像分类中的输入模板。用户还可以根据需要建立自己的光谱数据库。

（1）在 ERDAS 主窗口，选择 Interpreter 图标 | Basic HyperSpectral Tools | Spectral Library 命令，打开 Spec View 对话框，如图 5.34 所示。

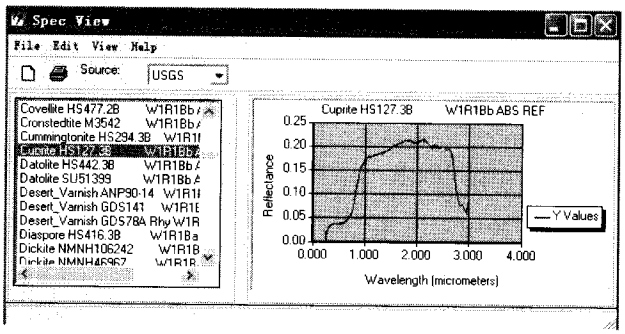


图 5.34 Spec View 窗口

（2）在工具栏 Source 下拉列表中选择一个数据源，这里选择 USGS。

（3）在光谱名称列表中，选择 Cuprite HS127.3B，其光谱曲线就显示在右边的窗口中。

（4）选择 Edit | Chart Options 命令，打开 Chart Options 对话框，可以修改坐标轴和背景。

（5）选择 Edit | Chart Legend 命令，打开 Chart Legend 对话框，可以编辑图例。

（6）选择 View | Tabular 工具，打开 Tabular Data 表格，可以浏览光谱数据。

第六章　雷达图像处理

雷达（Radar）意为无线电探测与测距（Radio Detection and Ranging）。雷达遥感不同于可见光和红外遥感，它主要以有源方式工作，通常包含发射器、雷达天线、接收器、记录器等部分，它根据微波传播、接收的时差和多普勒变化以及回波的振幅、相位和极化方式来探测目标的距离及目标的物理性质。与一般的遥感图像不同，雷达图像同时包含方位向分辨率（沿遥感平台飞行方向，可识别的两点间最小距离）和距离向分辨率（垂直于飞行方向，可识别的两点间最小距离）。由于雷达图像的成像原理、图像结构等与光学遥感图像的这些差异，所以在处理方法上也有所不同，在 ERDAS IMAGINE 9.1 中提供了比较完整的雷达图像处理模块，可分为基本雷达图像处理模块和高级雷达图像处理模块。在基本模块中，可以对雷达图像进行斑点噪声抑制、边缘增强、纹理分析、亮度调整等基本操作，而高级处理模块可以满足用户更高层次的处理要求，包括正射雷达（OrthoRadar）、立体雷达（StereoSAR DEM）和干涉雷达（IFSAR DEM）三部分。本章将对这几部分进行较为详细的讲解。

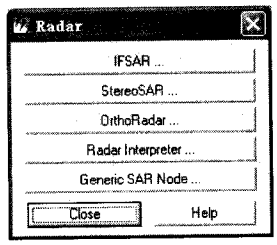


图 6.1　Radar 菜单

进行雷达图像处理时，需首先启动雷达图像处理模块，单击 ERDAS 主窗口的 Radar 图标，打开包含所有雷达图像处理模块的 Radar 菜单，如图 6.1 所示。

6.1　基本功能

选择 Radar 图标 | Radar Interpreter 命令，打开 Radar Interpreter 菜单，此菜单包含雷达图像处理所需的基本功能，大致分成八个方面，如图 6.2 所示。

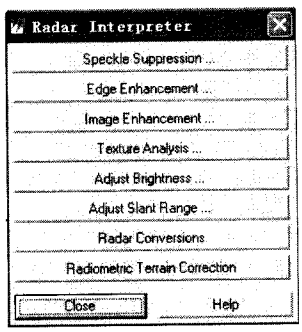


图 6.2　Radar Interpreter 菜单

Radar Interpreter 菜单中各个工具的具体功能如表 6.1 所示。

6.1.1　斑点噪声消除

在雷达成像时，由于传感器接收到的回波信号是各目标地物后向散射信号相互作用而叠加的结果，导致部分回波信号被增强或减弱，在图像中形成过亮或过暗的像素点，影响图像的质量，这些不正常的像素点就是斑点噪声。所有在斑点噪声消除之前进行雷达图像处理的都会带入斑点噪声的副作用从而降低图像质量，因此必须在处理之前进行斑点噪声消除处理，减小其影响。但需要注意，处理斑点噪声的过程本

身也会使图像质量产生变化。考虑到不同的传感器输出图像不同以及应用要求的差异，ERDAS提供了多种斑点噪声抑制滤波器：Mean、Median、Lee-Sigma、Lee、Frost、Local Region、Frost 和 Gamma-MAP。

表 6.1　基本雷达图像处理工具及具体功能

基本雷达图像处理工具	功 能
Speckle Suppression（斑点噪声压缩）	降低图像里的斑点噪声
Edge Enhancement（边缘增强）	突出显示图像中的线性特征
Image Enhancement（图像增强）	此工具包中包含进行图像增强处理的多种工具
Texture Analysis（纹理结构分析）	检测图像纹理结构
Adjust Brightness（亮度调整）	调整雷达图像中的亮度值
Adjust Slant Range（斜距调整）	采用类似正射校正的方法来调整雷达斜距
Radar Conversions（雷达转换）	将需要的数据转换成与应用最适应的类型
Radiometric Terrain Correction（辐射值地形修正）	利用 DEM 和几何信息校准雷达图像中的辐射值

1）求取图像变异系数（本例使用 Lee-sigma 滤波器，需要输入图像变异系数）

（1）在 ERDAS 主窗口，选择 Radar 图标 | Radar Interpreter | Speckle Suppression 命令，打开 Radar Speckle Suppression 对话框（图 6.3）。

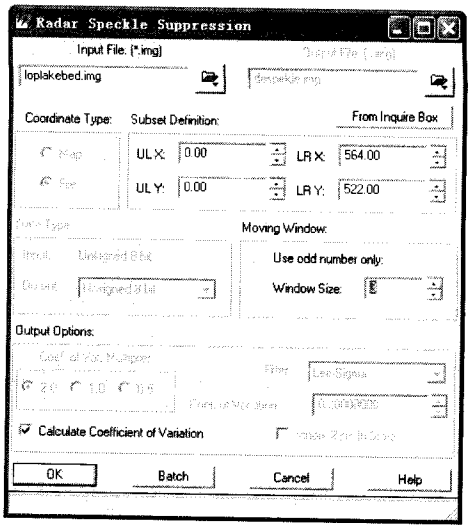


图 6.3　Radar Speckle Suppression 对话框

（2）选择处理图像文件（Input File）为 C：\ Program Files \ Leica Geosystems \ Geospatial Imaging 9.1 \ examples \ loplakebed.img。

（3）选中 Calculate Coefficient of Variation 复选框，计算雷达图像的变异系数。此处的变异系数是由雷达场景衍生的，有些过滤器需要输入此参数。

（4）设置计算窗口大小（Window Size）为 3。

(5) 单击 OK 按钮，开始计算变异系数。

(6) 变异系数计算完成后，单击 OK 按钮将其关闭。

(7) 在 ERDAS 主菜单条中，选择 Session | Session Log 命令，打开 Session Log 窗口查看变异系数（图 6.4）。

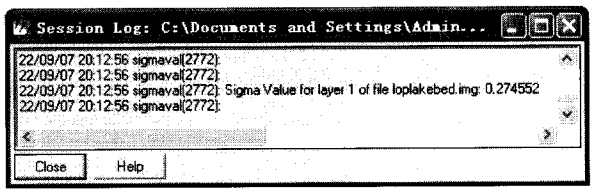


图 6.4 Session Log 窗口

(8) 单击 Close 按钮，关闭 Session Log 窗口。

2) 斑点压缩

(1) 在 ERDAS 主菜单条中，选择 Radar 图标 | Radar Interpreter | Speckle Suppression 命令，打开 Radar Speckle Suppression 对话框（图 6.5）。

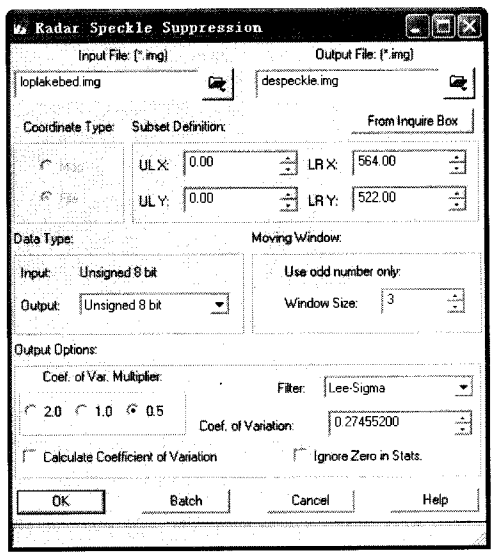


图 6.5 Radar Speckle Suppression 对话框

(2) 选择处理图像文件（Input File）为 C：\Program Files\Leica Geosystems\Geospatial Imaging 9.1\examples\loplakebed.img。

(3) 设置输出文件（Output File）为 D：\Chp6\Tutor1\despeckle.img。

(4) 设置输出文件类型（Output Data Type）为 Unsigned 8 bit。

(5) 设置移动窗口大小（Moving Window Size）为 3。

(6) 设置变异系数倍数（Coef. of Var. Multiplier）为 0.5。

(7) 设置滤波器 (Filter) 为 Lee-Sigma (各滤波器意义请在 ERDAS 帮助文档 Radar Imagery Enhancement 内查看)。

(8) 变异系数使用前面的计算结果：0.274552。此时对话框内设置如图 6.5 所示。

(9) 单击 OK 按钮，执行斑点噪声抑制处理。

3) 对比斑点噪声抑制前后的结果

(1) 点击 Viewer 图标，打开两个视图窗体。

(2) 在 ERDAS 主菜单条中，选择 Session | Tile Viewers 命令，平铺两个视图窗体。

(3) 在 Viewer #1 中打开处理前图像 loplakebed.img，在 Viewer #2 中打开经过斑点噪声抑制处理后的图像 despeckle.img (图 6.6)。

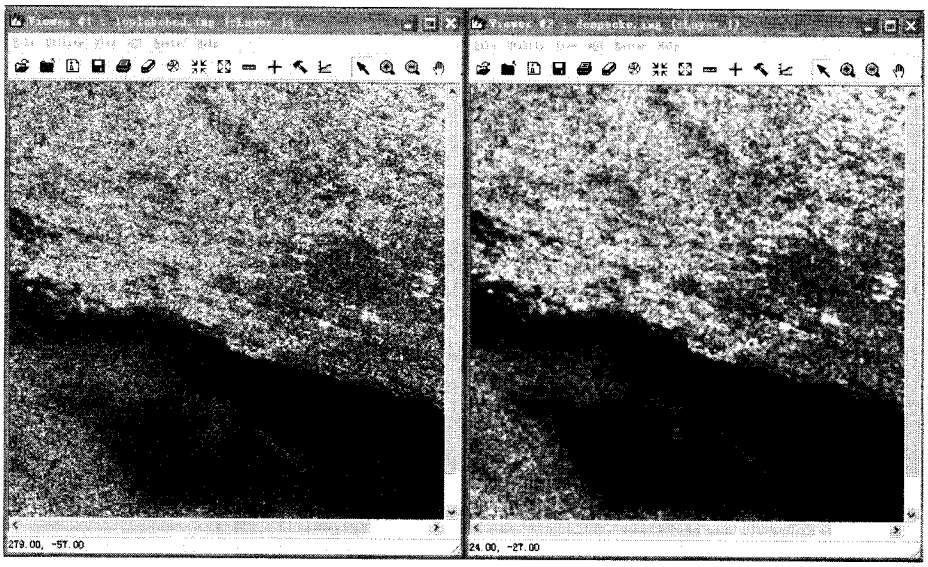


图 6.6 斑点抑制前 (左) 后 (右) 对比

(4) 在 Viewer #1 视窗，单击 按钮，弹出 ImageInfo 对话框。

(5) 单击 Histogram 标签，显示原始雷达图像的直方图。

(6) 在 Viewer #2 中重复 (3) (4)，显示经过处理后图像的直方图 (图 6.7)。

从前后两个直方图中可明显地看出斑点噪声显著减少，但需要注意图像也因此发生变化，处理后图像的直方图出现了两个波峰。

6.1.2 边缘增强处理

图像边缘增强处理在数字图像处理应用中具有非常重要的作用。例如，在地质领域，常常需要对地面线状体进行识别，因为它们极有可能是断层线或矿床结构。

雷达图像的边缘增强处理与图像解译中的卷积运算、邻域运算类似，所以这里的边缘增强方法也可以用于处理其他任何图像。本例的目的在于通过对比经过斑点噪声抑制

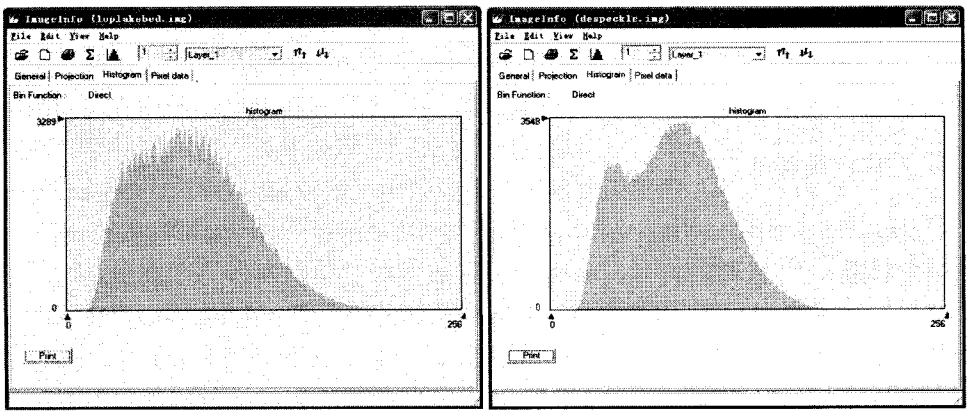


图 6.7　斑点抑制前后灰度直方图对比

和没有经过斑点噪声抑制的两幅雷达图像，说明斑点噪声抑制的重要性。

1）边缘增强

（1）在 ERDAS 主菜单条中，选择 Radar 图标 | Radar Interpreter | Edge Enhancement 命令，打开 Edge Enhancement 对话框（图 6.8）。

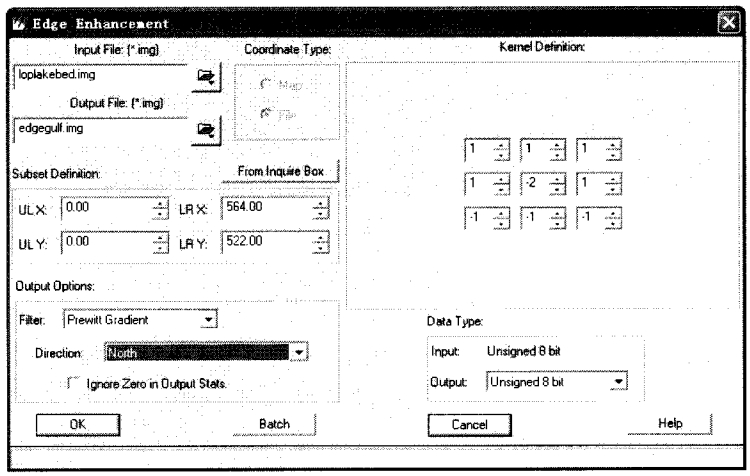


图 6.8　Edge Enhancement 对话框

（2）选择处理图像文件（Input File）为 C：\Program Files\Leica Geosystems\Geospatial Imaging 9.1\examples\loplakebed.img。

（3）设置输出文件（Output File）为 D：\Chp6\Tutor1\edgegulf.img。

（4）在 Subset Definition 的 ULX，ULY，LRX，LRY 内设置要处理的图像范围，默认是整个图幅。

（5）设置边缘增强滤波器，这里选 Prewitt Gradient。

（6）设置边缘增强的方向，默认为北方向（North）。

（7）设置文件输出类型（Output Data Type）为 Unsigned 8 bit。

(8) 单击 OK 按钮，执行增强处理。

重复上述步骤对经过斑点噪声抑制的 despeckle. img 进行边缘增强处理，获得边缘增强图 D：\Chp6\Tutor1\edgess. img。

2) 对比增强结果

(1) 打开两个视窗 (Viewer #1，Viewer #2)，选择 Session | Tile Viewers 命令，平铺两个视图。

(2) 在 Viewer #1 中打开直接进行边缘增强处理的图像 edgegulf. img，在 Viewer #2 中打开经过斑点噪声抑制后进行边缘增强的图像 edgess. img。

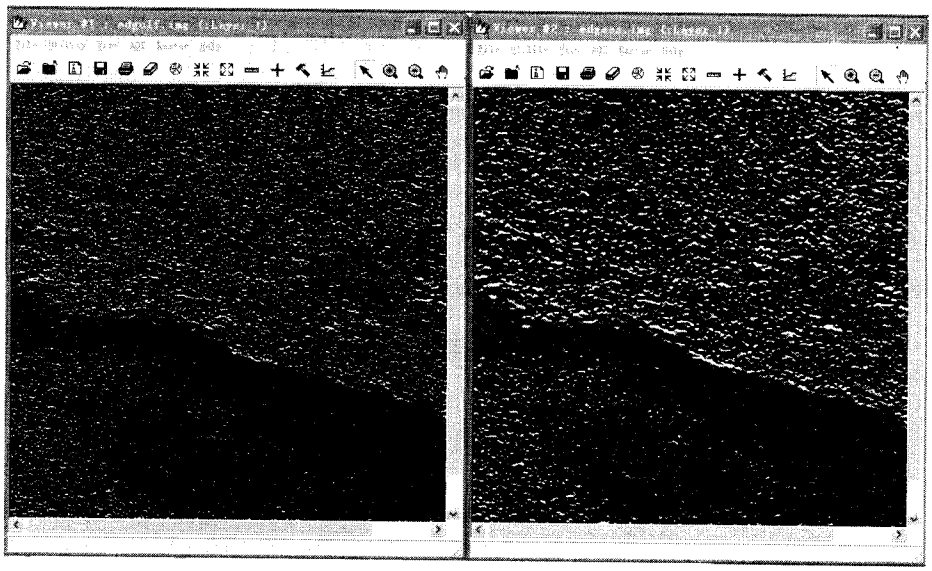


图 6.9 边缘增强处理结果对比

对比结果表明经过斑点噪声抑制处理后再进行边缘增强处理的 edgess. img 图像 (图 6.9 右图) 具有更好的视觉效果，边界特征更突出。也可以选择其他的边缘增强滤波器进行边缘增强处理以对比分析。

6.1.3 图像增强

ERDAS 的雷达图像增强处理功能包含三种类型：

- Wallis Adaptive Filter (Wallis 自适应滤波法)；
- Luminance Modification (亮度修正处理)；
- Sensor Merge (图像融合处理)。

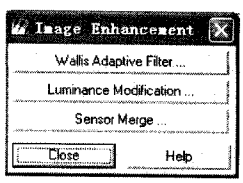


图 6.10 Image Enhancement

在 ERDAS 主菜单条中，选择 Radar 图标 | Radar Interpreter | Image Enhancement 命令，打开 Image Enhancement 菜单 (图 6.10)。

6.1.3.1 Wallis 自适应滤波

Wallis 自适应滤波器使用取样窗口区域内的图像值对整个图像进行对比度拉伸调整，具有广泛的适用性。具体应用中又分三种类型：

• Bandwise 方式：依次对每个波段进行自适应滤波处理。

• HIS 方式：将输入的 RGB 图像转换到 HIS（Hue，Intensity，Saturation）空间中，用自适应滤波处理 HIS 空间中的亮度值（Intensity），再回转为 RGB 图像值。

• PC 方式：将输入的波段都转换为若干主成分形式，滤波只对第一主成分进行处理，然后进行主成分的逆变换。

具体操作过程如下：

1）对图像进行斑点噪声抑制处理

在 ERDAS 主菜单条中，选择 Radar 图标 | Radar Interpreter | Speckle Suppression 命令，打开 Radar Speckle Suppression 对话框（图 6.5）。

（1）选择处理图像文件（Input File）为 C：\Program Files\Leica Geosystems\Geospatial Imaging 9.1\examples\3radar _ glacier.img。

（2）设置输出文件（Output File）为 D：\Chp6\Tutor1\despeckledwallis.img。

（3）设置输出文件数据类型（Output Data Type）为 Unsigned 8bit。

（4）设置移动窗口（Moving Window Size）大小为 3。

（5）选择噪声抑制滤波器（Filter）为 Gama-MAP。

（6）输入变异系数（Coefficient of Variation）为 0.270151。

（7）单击 OK 按钮，执行斑点噪声抑制处理。

2）执行 Wallis 图像增强自适应滤波

（1）选择 Radar 图标 | Radar Interpreter | Image Enhancement | Wallis Adapter Filter 命令，打开 Wallis Adapter Filter 对话框（图 6.11）。

（2）选择处理图像文件（Input File）为 D：\Chp6\Tutor1\despeckledwallis.img。

（3）设置输出文件（Output File）为 D：\Chp6\Tutor1\enhanced.img。

（4）设置输出文件数据类型（Output Data Type）为 Unsigned 8 bit。

（5）设置移动窗口（Moving Window Size）大小为 3。

（6）设置对比度增强倍数为 3。

（7）单击 OK 按钮，执行 Wallis 自适应滤波。

3）查看处理结果

打开两个视图（Viewer）窗口。在 Viewer#1 中打开原始图像 radar _ glacier.img，在 Viewer#2 中打开处理结果 enhanced.img，可以发现处理后压缩了图像整体对比度。

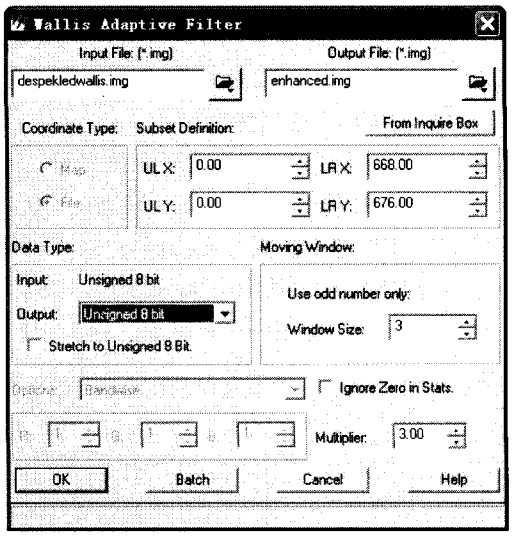


图 6.11　Wallis Adapter Filter 对话框

6.1.3.2　雷达图像亮度修正

图像增强处理中的亮度修正功能主要是通过自适应增强滤波器将原雷达图像分成两部分：图像场景亮度和图像场景对比度，针对具体的应用要求分别对这两部分进行修正处理，然后再将它们结合起来完成整个修正处理。修正处理的基本原理如图 6.12 所示，对于输入图像任一像元点的值 X，按图中的曲线找到输出图像中对应像元的值 Y；而在输入图像中像元值为 X 的像元，其值将在输出图中用截取点的值代替。

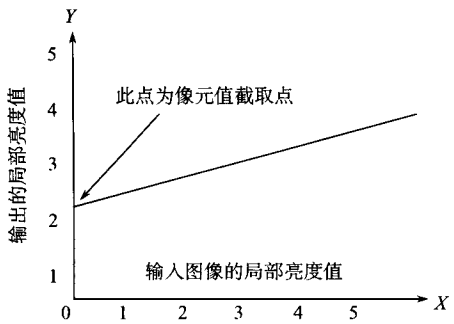


图 6.12　亮度修正处理前后图像亮度值变化曲线

修正过程如下：

(1) 选择 Radar 图标 | Radar Interpreter | Image Enhancement | Luminance Modification 命令，打开 Luminance Modification 对话框（图 6.13）。

(2) 选择处理图像文件（Input File）为 C：\ Program Files \ Leica Geosystems \ Geospatial Imaging 9.1 \ examples \ radar _ glacier. img。

(3) 设置输出文件（Output File）为 D：\ Chp6 \ Tutor1 \ lumi _ mdf. img。

(4) 设置输出数据类型（Output Data Type）为 Unsigned 8 bit。

(5) 设置移动窗口（Moving Window Size）大小为 11。

(6) 设置输出图像亮度截取值（Local Luminance Intercept）为 60.00。

(7) 单击 OK 按钮，执行处理命令，并关闭对话框。

(8) 在 Viewer 视窗中查看处理结果。

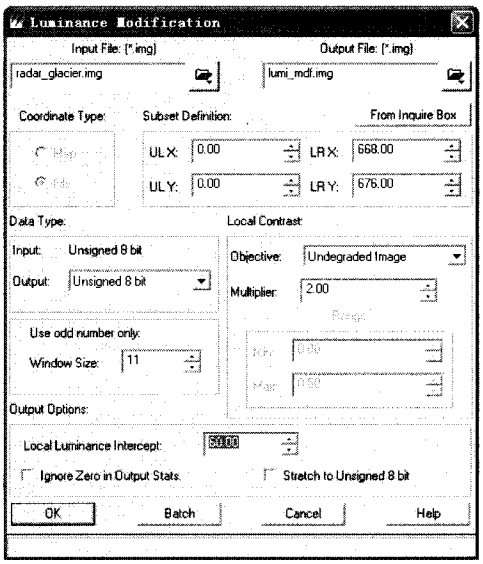


图 6.13　Luminance Modification 对话框

6.1.3.3　雷达图像与多源图像融合

此工具可将来自不同传感器的图像融合起来，如将雷达图像与 TM 图像融合或将多频雷达图像与航测数据进行融合。ERDAS 为我们提供了三种图像融合技术：主成分变换、HIS 变换、乘积变换。

1）主成分变换

有 4 种改变图像灰阶的方法：

- Remap：按第一主成分（PC-1）来重新划分图像灰阶。
- Hist. Match：将图像的灰阶与第一主成分（PC-1）进行直方图匹配。
- Multiply：将灰阶图像重新划分对应到 0～1 的范围中然后跟第一主成分相乘。
- None：将第一主成分替换为灰阶图像。

2）HIS 变换

- Intensity：将灰度图像值重新划分到亮度数值范围中，以变换后的值代替 I。
- Saturation：将输入灰阶图像值重新划分到饱和度数据范围中，以变换后的值代替 S。

3）乘积变换

乘积变换是将灰度图重新映射到 0～1 的范围中，然后每一波段都依次与重新映射后的灰度图相乘，实现多源融合的目的。

进行图像融合处理：

（1）选择 Radar 图标 | Radar Interpreter | Image Enhancement | Sensor Merge 命令，打开 Sensor Merge 对话框（图 6.14）。

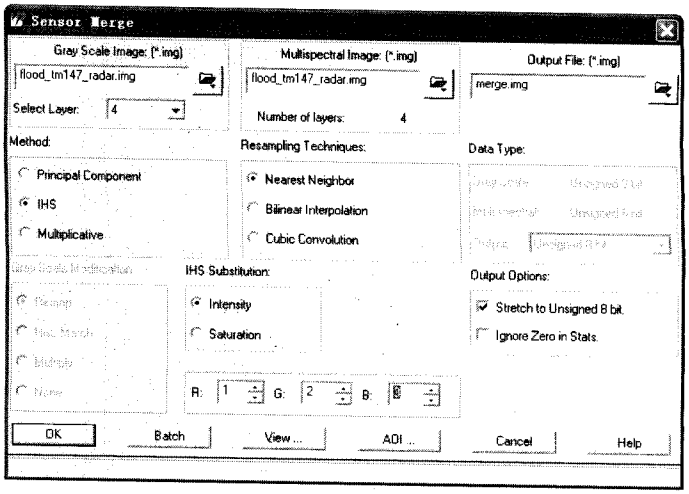


图 6.14　Sensor Merge 对话框

（2）设置灰阶图像（Gray Scale Image）为 C：\Program Files\Leica Geosystems\Geospatial Imaging 9.1\examples\flood_tm147_radar.img。

（3）设置波段（Select Layer）为 4。

（4）设置多光谱图像（Multispectral Image）为 C：\Program Files\Leica Geosystems\Geospatial Imaging 9.1\examples\flood_tm147_radar.img。

（5）设置输出文件（Output File）为 D：\Chp6\Tutor1\merge.img。

（6）选择最邻近（Nearest Neighbor）重采样方法。

（7）选择 IHS 替换类型为 Intensity。

（8）设置输出数据类型（Data Type）为 Unsigned 8 bit。

（9）RGB 组合中，R 选为第 1 波段，G 选为第 2 波段，B 选为第 3 波段。

（10）单击 OK 按钮，执行融合处理。

融合后，大大消除了云雾对地面的遮挡影响。在图 6.15 中，洪水淹没区域变得非常明显。

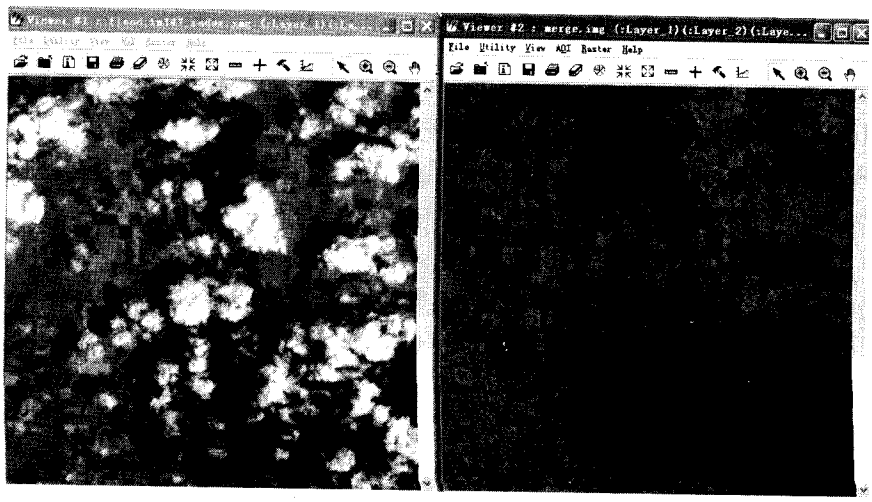


图 6.15　融合前（左）后（右）图像对比

6.1.4 纹理结构分析

纹理是影像上周期性或随机性的色调变化。雷达影像上的纹理分为微细纹理、中等纹理和大纹理，雷达图像纹理分析相对可见光/红外（VIS/IR）图像的纹理分析具有更好的适用性，雷达纹理分析对地质判别、植被分类等很有用。纹理分析是应用数学模型在特定大小的移动窗口中进行纹理特征的计算，操作如下。

（1）选择 Radar 图标 | Radar Interpreter | Texture Analysis 命令，打开 Texture Analysis 对话框（图 6.16）。

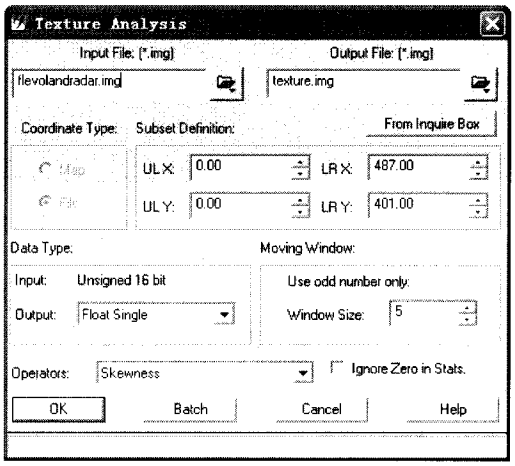


图 6.16 Texture Analysis 对话框

（2）选择处理图像文件（Input File）为 C：\Program Files\Leica Geosystems\Geospatial Imaging 9.1\examples\flevolandradar.img。

（3）设置输出文件（Output File）为 D：\Chp6\Tutor1\texture.img。

（4）设置输出数据类型（Output Data Type）为 Float Single。

（5）设置移动窗口（Moving Window Size）大小为 5。

（6）设置分析算子（Operators）为 Skewness。

（7）单击 OK 按钮，执行处理。

纹理分析对比见图 6.17。

6.1.5 图像亮度调整

原始雷达图像由于各种因素的影响都存在辐射误差，如雷达天线在接收和传送图像时有缺陷，或由于距离目标的远近导致信号的强弱不同。雷达图像亮度调整（Adjust Brightness）功能是通过调整每个像元的灰度值，使等斜距线（line of constant range）上的像元都取该线的平均值，从而把图像像元全部调整到平均亮度（even brightness）水平。因此，在处理前，必须说明等斜距线是以行还是列的方式记录的，这依赖于传感

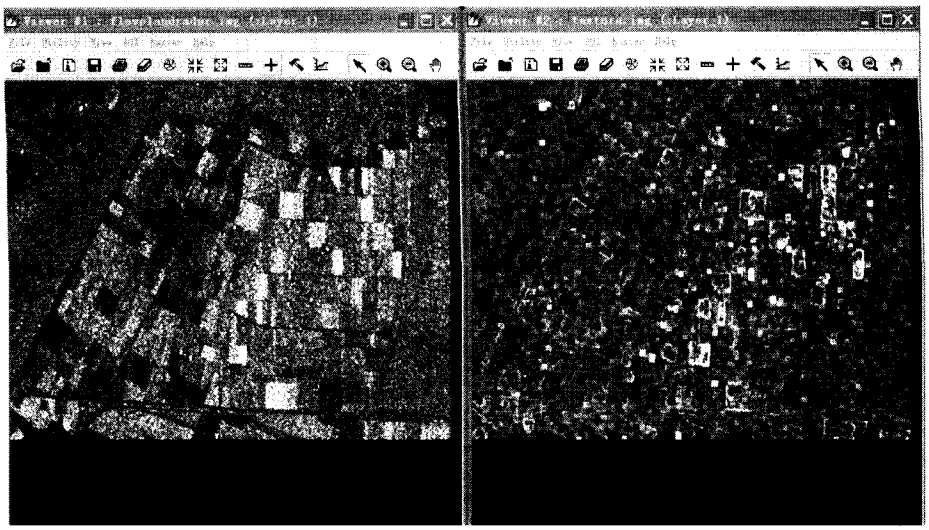


图 6.17　纹理分析对比（右图为对左图进行纹理分析的结果）

器的飞行路径及其输出的栅格数据格式。

查看图像数据头文件的信息，有两种方法：

（1）在 ERDAS 主窗口，点击 Import 图标，打开 Import/Export 对话框。

（2）在 ERDAS 主菜单中，选择 Tools | View Binary Data 命令，打开 DataView 对话框。

亮度调整处理过程：

① 在 ERDAS 主菜单中，选择 Radar 图标 | Radar Interpreter | Adjust Brightness 命令，打开 Brightness Adjustment 对话框（图 6.18）。

② 选择处理图像文件（Input File）为 C：\Program Files\Leica Geosystems\Geospatial Imaging 9.1\examples\flevolandradar.img。

③ 设置输出文件（Output File）为 D：\Chp6\Tutor1\bright.img。

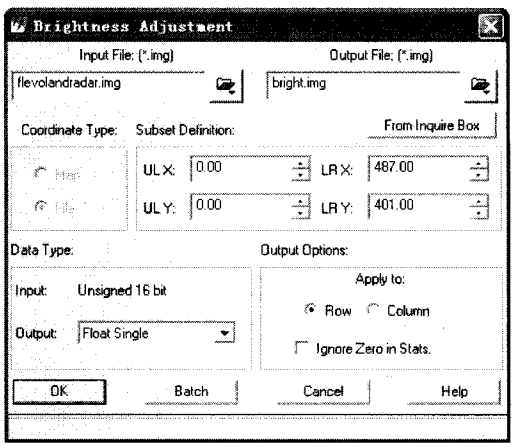


图 6.18　Brightness Adjustment 对话框

④ 设置输出数据类型（Output Data Type）为 Float Single。

⑤ 设置处理应用（Apply to）方向为列（Column）。

⑥ 单击 OK 按钮，执行操作。

6.2 正射雷达图像校正

6.2.1 地理编码 SAR 图像

SAR 图像地理编码（Geocode SAR Image）是 OrthoRadar 模块中最简单的一个选择项和处理方法，它基于平滑的地球椭球体及平均的地形高程的假设前提，将雷达图像从原始的传感器坐标转换到地图投影坐标系统。此方法不使用 GCP，雷达传感器模型是依据雷达头文件信息获得的。雷达图像地理编码的基本步骤如下：

1）显示雷达图像（Display Radar Image）

（1）打开视图窗口 Viewer，选择 File | Open | Raster Layer 命令，打开 Select Layer To Add 对话框。

（2）选择处理图像文件（Input File）为 D：\ Chp6 \ Tutor2 \ DeathValley _ Radarsat. img。

（3）在 Raster Options 选项卡，选中 Fit to Frame 复选框。

（4）单击 OK 按钮，打开图像。

2）查阅图像信息（View Image Information）

在 Viewer#1 中，选择 Utility | Layer Info 命令，打开 ImageInfo 窗口（图 6.19）。从图像信息窗口可以看出该图像还没有设定投影，且图像坐标是像元数，说明此图

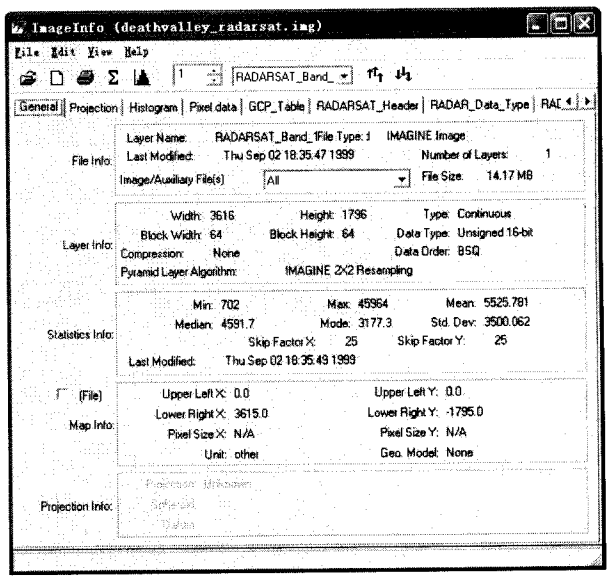


图 6.19 ImageInfo 窗口

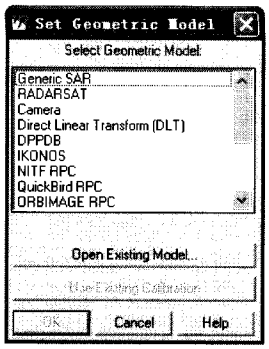


图 6.20　Set Geometric Model 对话框

像还未校正到地图投影坐标系统中。

3）选择几何校正模型（Select Geometric Model）

（1）在 Viewer # 1 中，选择 Raster | Geometric Correction 命令，打开 Set Geometric Model 对话框（图 6.20）。

（2）选择 RADARSAT 几何校正模型。

（3）单击 OK 按钮，打开 RADARSAT Model Properties 和 Geo Correction Tools 对话框（图 6.21、图 6.22）。

4）应用模型参数（Apply Model Properties）

（1）在 RADARSAT Model Properties 对话框的 General 选项卡，选中 Geocode SAR Image 复选框。

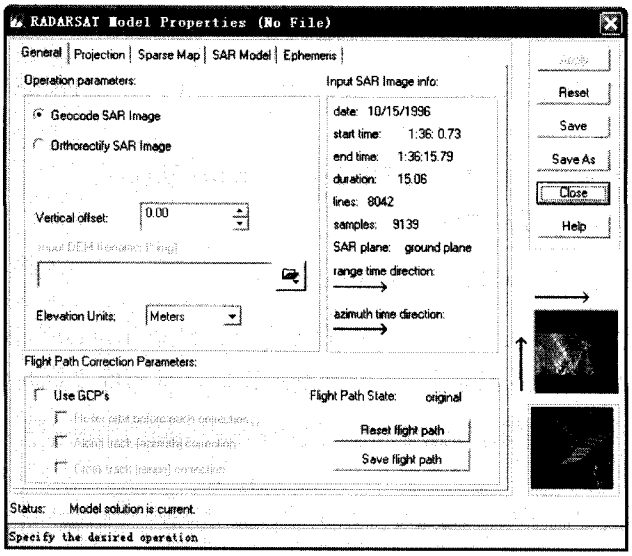


图 6.21　RADARSAT Model Properties 对话框

（2）在 Projection 选项卡，单击 Add / Change Projection 按钮，打开 Projection Chooser 对话框（图 6.23）。

（3）在 Custom 选项卡，设置自定义投影参数。

（4）设置投影类型（Projection Type）为 UTM。

（5）设置参考椭球体（Spheroid Name）为 Clarke 1866。

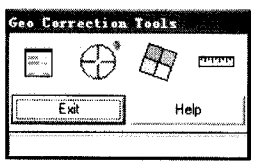


图 6.22　Geo Correction Tools 对话框

（6）设置高程基准面（Datum Name）为 NAD27（West CONUS）。

（7）设置投影带（UTM Zone）为 11。

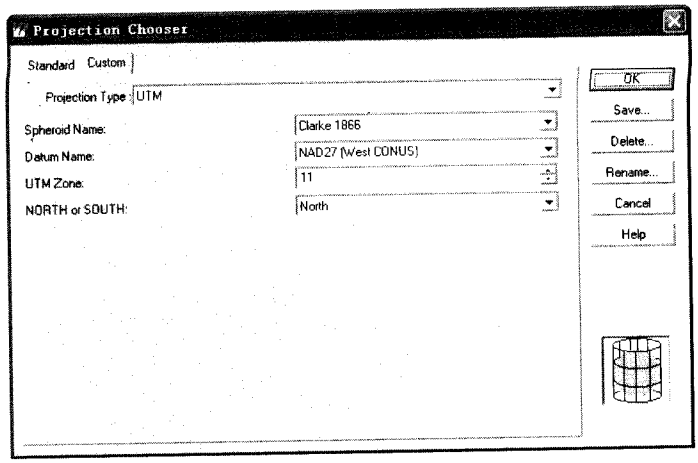


图 6.23　Projection Chooser 对话框

(8) 设置南北半球 (NORTH or SOUTH)，因为图像区域在北半球，所以选择 North。

(9) 单击 OK 按钮，应用设置参数。

(10) 弹出警告对话框 (Warning)，选择 Recompute Solution 复选框，单击 OK 按钮，返回到 RADARSAT Model Properties 对话框。

5) 查看附加信息 (View Additonal Information)

(1) 单击 Sparse Map 选项卡，查看计算得到的像元密度参数 (Density of Pixels)。

(2) 单击 SAR Model 选项卡，查看原始图像参数信息及处理信息，这些信息来自 RADARSAT 图像头文件，只能查看，不可编辑。

(3) 单击 Ephemeris 选项卡，查看雷达图像获取时期的轨道信息，此面板中的信息也是只读的。

此时 Apply 按钮处于灰色状态，表明设置的参数已经更新到 IMAGINE OrthoRadar 中，包括对图像进行地理编码的 UTM 地图投影及 Clarke 1866 椭球体，直接单击 RADARSAT Model Properties 对话框中的 Close 按钮关闭对话框。

6) 图像重采样 (Resample the Image)

(1) 单击 Geo Correction Tools 对话框 (图 6.22) 中的重采样按钮，打开 Resample 对话框 (图 6.24)。

(2) 设置输出文件 (Output File) 为 D:\Chp6\Tutor2\dv_geo.img。

(3) 确认重采样方法 (Resample Method) 为 Nearest Neighbor。

(4) 输出像元大小 (Output Cell Size) 中 X、Y 均设为 30m。这里原始图像的默认像元尺寸为 12.5m，默认计算尺寸为 14m，为减小处理时间及存储空间，该处设为 30m。

(5) 选中 Ignore Zero in Stats 复选框，忽略 0 像元值。

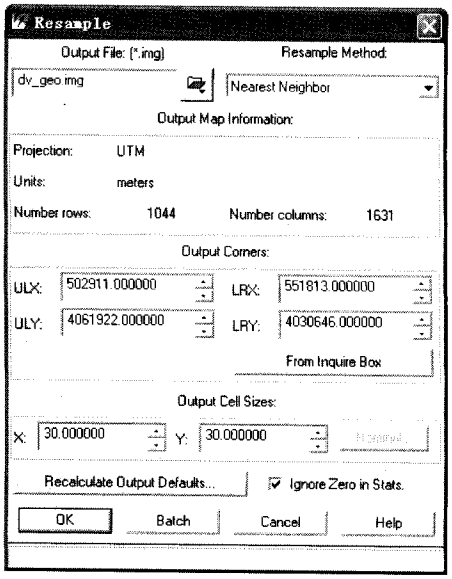


图 6.24　Resample 对话框

(6) 单击 OK 按钮，执行重采样。

7) 检查地理编码图像 (Verify the Geocoding)

分别在两个 Viewer 视窗中打开原始图像 DeathValley _ Radarsat. img 和处理过的 dv _ geo. img 图像，对比处理前后的变化，发现虽然处理图像已经转换到 UTM 坐标系统，但是山体造成的叠掩情况 (Layover) 依然存在，要减少或消除这一情况，需要进一步使用 DEM 对图像进行正射校正。

6.2.2　正射校正 SAR 图像

本节将使用合成孔径雷达图像正射校正 (Orthorectify SAR Image) 对 Death Valley 区域的 RADARSAT 图像进行校正处理，此处理过程基于传感器模型和 DEM，需将原始的传感器坐标再转换到地图坐标系统中。该方法同时对雷达图像中的微小的地形变形进行有效的校正。本例中未使用地面控制点数据，传感器模型的获取来自于 RADARSAT 图像的头文件信息，正射校正使用 DEM 进行校正。

使用 DEM 进行正射校正要经过七个基本步骤，具体过程如下。

1) 显示雷达图像 (Display the Image)

打开一个新 Viewer 视窗，打开 Deathvalley _ Radarsat. img 图像。

由于图像还未进行地理坐标投影操作，所以打开 ImageInfo 窗口 (图 6.19)，可发现该图像仍是在以像元为单位的坐标系统中，并且没有投影信息。

2）选择几何校正模型（Select Geometric Model）

（1）在 Viewer 视窗中，选择 Raster | Geometric Correction 命令，打开 Set Geometric Model 对话框（图 6.20）。

（2）选择 RADARSAT 几何校正模型。

（3）单击 OK 按钮，关闭 Set Geometric Model 对话框，并弹出 Geo Correction Tools（参考图 6.22）和 RADARSAT Model Properties 对话框（图 6.25）。

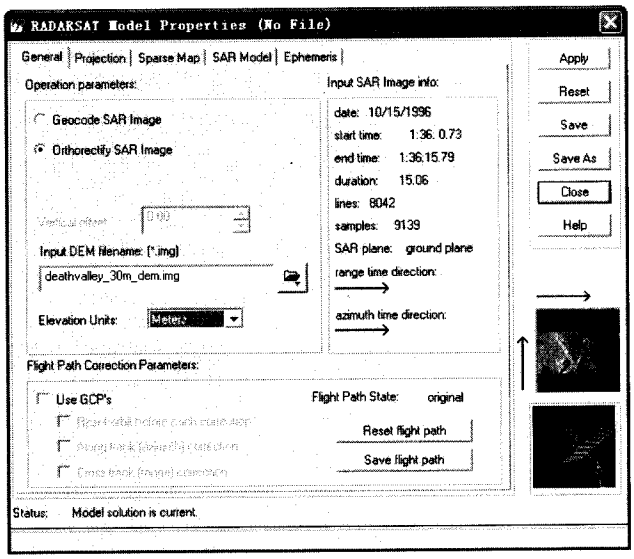


图 6.25　RADARSAT Model Properties 对话框

3）应用模型参数（Apply Model Properties）

（1）在 RADARSAT Model Properties 对话框的 General 选项卡，选中 Orthorectify SAR Image 选择项。

（2）选择输入 DEM 文件（Input DEM Filename）为 D：\ Chp6 \ Tutor2 \ deathvalley _ 30m _ dem. img。

（3）在 RADARSAT Model Properties 对话框的 Projection 选项卡，单击 Add / Change Projection 按钮，打开 Projection Chooser 对话框（图 6.23）。

（4）在 Projection Chooser 对话框中的 Custom 选项卡，设置自定义投影参数。

（5）设置投影类型（Projection Type）为 UTM。

（6）设置参考椭球体（Spheroid Name）为 Clarke 1866。

（7）设置高程基准面（Datum Name）为 NAD27（West CONUS）。

（8）设置投影带（UTM Zone）为 11。

（9）设置南北半球（NORTH or SOUTH），因为图像区域在北半球，所以选择 North。

（10）单击 OK 按钮，应用设置参数。

(11) 弹出警告对话框 (Warning)，选择 Recompute Solution 复选框，单击 OK 按钮，返回到 RADARSAT Model Properties 对话框。

4) 查看附加信息 (View Additonal Information)

(1) 单击 Sparse Map 选项卡，查看计算得到的像元密度参数 (Density of Pixels)。

(2) 单击 SAR Model 选项卡，查看原始图像参数信息及处理信息，这些信息来自 RADARSAT 图像头文件，只能查看，无法编辑。

(3) 单击 Ephemeris 选项卡，可以查看雷达图像获取时期的轨道信息，此选项卡中的信息也是只读的。

此时 Apply 按钮处于灰色状态，表明设置的参数已经更新到 IMAGINE OrthoRadar 中，包括对图像进行地理编码的 UTM 地图投影及 Clarke 1866 椭球体。单击 RADARSAT Model Properties 对话框中 Close 按钮，关闭对话框。

5) 图像重采样 (Resample the Image)

(1) 在 Geo Correction Tools 对话框中，单击重采样按钮，打开 Resample 对话框。

(2) 设置输出文件 (Output File) 为 D: \Chp6\Tutor2\DV _ ortho. img。

(3) 设置重采样方法 (Resample Method) 为 Nearest Neighbor。

(4) 输出像元大小 (Output Cell Size) 中 X、Y 均设为 30m。这里原始图像的默认像元尺寸为 12.5m，默认计算尺寸为 14m，为减小处理时间及存储空间，此处设为 30m。

(5) 选中 Ignore Zero in Stats，忽略 0 像元值。

(6) 单击 OK 按钮，执行重采样，并关闭对话框。

6) 检验正射校正图像 (Verify Orthorectify Image)

打开两个 Viewer 视图窗口，分别打开原始图像 Deathvalley _ Radarsat. img 和使用 DEM 正射校正后的图像，通过对比可以发现：校正后的图像经过较好的地形校正并转换到了 UTM 投影坐标系统，而更高精度校正结果可以通过使用地面控制点校正飞行轨迹来得到，该方法将在下一节中介绍。

6.2.3 使用 GCP 正射校正 SAR 图像

本节将应用合成孔径雷达图像正射校正 (Orthorectify SAR Image) 和地面控制点 (GCP) 对 Death Valley 区域的 RADARSAT 图像进行正射校正处理。该方法在传感器模型、调整后轨道参数和 DEM 数据在基础上，将雷达图像从原始的传感器坐标重新投影到地图坐标系统。此方法是 ERDAS 中可以获得最准确可靠的雷达正射影像校正方法。其处理过程首先从 RADARSAT 文件的头文件中获得传感器模型，其次利用控制点调整传感器模型中的轨道参数，最后利用外部提供的 DEM 数据来使输出图像的地形位移差最小化。需要注意的是，有些情况下，即使不利用控制点校正，也可能会获得很

好的输出结果，所以一旦使用控制点，必须确保其精确性，否则调整得到轨道参数可能会比从原始图像头文件中获得的更差。使用 GCP 正射校正 SAR 图像的步骤如下。

1）显示雷达图像（Display the image）

新打开一个 Viewer 视窗，加载 D：\ Chp6 \ Tutor2 \ Deathvalley _ Radarsat. img 图像。

由于图像还未进行地理坐标投影操作，打开 ImageInfo 窗口（图 6.19），可以发现，该图像仍是在以像元为单位的坐标系统中，且没有投影信息。

2）选择几何校正模型（Select Geometric Model）

（1）在 Viewer 主菜单，选择 Raster / Geometric Correction 命令，打开 Set Geometric Model 对话框（图 6.20）。

（2）选择 RADARSAT 几何校正模型。

（3）单击 OK 按钮，关闭 Set Geometric Model 对话框，并弹出 Geo Correction Tools 对话框（图 6.22）和 RADARSAT Model Properties 对话框（图 6.26）。

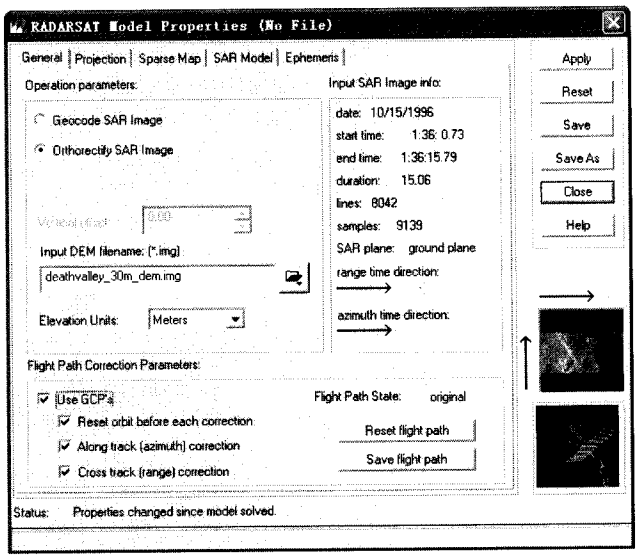


图 6.26　RADARSAT Model Properties 对话框

3）应用模型参数（Apply Model Properties）

（1）在 General 选项卡，选择 Orthorectify SAR Image 复选框。

（2）选择输入 DEM 文件（Input DEM Filename）为 D：\ Chp6 \ Tutor2 \ deathvalley _ 30m _ dem. img。

（3）因要使用控制点校正，所以选择 Use GCP's 复选框。此时 Reset orbit before each correction，Along track（azimuth）correction 和 Cross track（range）correction 三个复选框也都被默认选中。

（4）在 Projection 选项卡，单击 Add / Change Projection 按钮，打开 Projection

Chooser 对话框（图 6.23）。

（5）在 Projection Chooser 对话框中的 Custom 选项卡，设置自定义投影参数。

（6）选择投影类型（Projection Type）为 UTM。

（7）选择参考椭球体（Spheroid Name）为 Clarke 1866。

（8）选择高程基准面（Datum Name）为 NAD27（West CONUS）。

（9）设置投影带（UTM Zone）为 11。

（10）设置南北半球（NORTH or SOUTH），因为图像区域在北半球，所以选择 North。

（11）单击 OK 按钮，应用设置参数。

（12）弹出警告对话框（Warning），选择 Recompute Solution 复选框，单击 OK 按钮，返回到 RADARSAT Model Properties 对话框。

4）查看附加信息（View Additional Information）

（1）单击 Sparse Map 选项卡，查看计算得到的像元密度参数（Density of Pixels）。

（2）单击 SAR Model 选项卡，查看原始图像参数信息及处理信息，这些信息来自 RADARSAT 图像头文件只能查看，不可编辑。

（3）单击 Ephemeris 选项卡，可以查看雷达图像获取时期的轨道信息，此选项卡中的信息也是只读而不可编辑。

（4）单击 Apply 按钮，应用设置参数。

（5）单击 Close 按钮，关闭 RADARSAT Model Properties 对话框，并自动弹出 GCP Tool Reference Setup 对话框（图 6.27）。

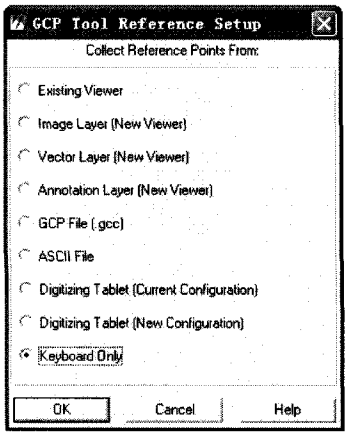


图 6.27　GCP Tool Reference Setup 对话框

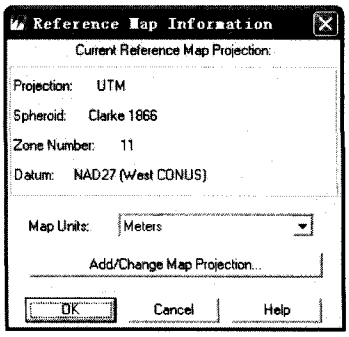


图 6.28　GCP Tool 窗口

5）选择键盘输入坐标（Select Keyboard Only）

（1）在 GCP Tool Reference Setup 对话框中，选择 Keyboard Only 复选框。

（2）单击 OK 按钮，关闭 GCP Tool Deference Setup 对话框，并自动弹出 Reference Map Information 对话框（图 6.28），在此对话框中可重新选择地图的基本计量单位（Map Units），本实验选择 Meters，还可以通过点击 Add / Change Map Projection 按钮更改地图投影参数。

（3）单击 OK 按钮，关闭 Reference Map Information 对话框，并弹出一大一小两个 Viewer 视窗及 GCP Tool 窗口（图 6.29）。

6）查看地面控制点并输入参考坐标值（View GCPs and Input Reference Values）

通常情况下，用户需要亲自从图中选出地面控制点的点位对雷达影像进行正射校正，但本例中 Deathvalley _ Radarsat. img 上已经存有预先设定好的地面控制点，并以红色显示在窗口中，因此仅需在地面控制点数据表（GCP Tool 窗口内）中输入其参考坐标值即可，具体过程如下。

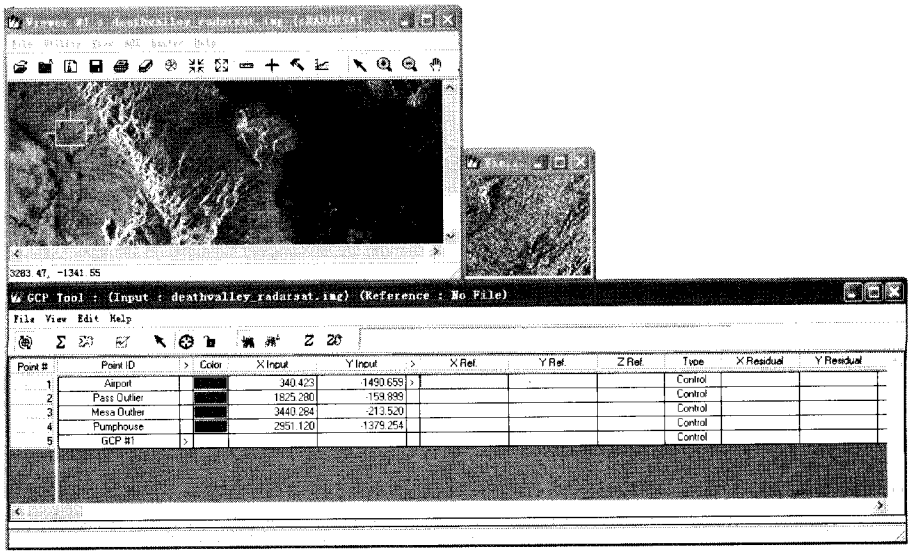


图 6.29　弹出的两个 Viewer 视窗和 GCP Tool 窗口

（1）CGP Tool 对话框中 Z 按钮的作用是在给定 X、Y 坐标值后自动从 DEM 获取图像上对应的 Z 值，此例中直接输入从地形图上获得的 Z 值，所以须使此按钮处于未启用状态。

（2）按照表 6.2 依次在 GCP Tool 窗口中输入所选控制点在 X、Y 参考坐标值及精确的 Z 参考坐标值（图 6.30）。

表 6.2　雷达图像 Deathvalley _ Radarsat. img 的地面控制点坐标值

Point ID	X Ref.	Y Ref.	Z Ref.
Airport	510905	4035214	−66
Pass Outlier	527476	4055738	802
Mass Outlier	547190	4059214	823
Pumphouse	544167	4043762	718

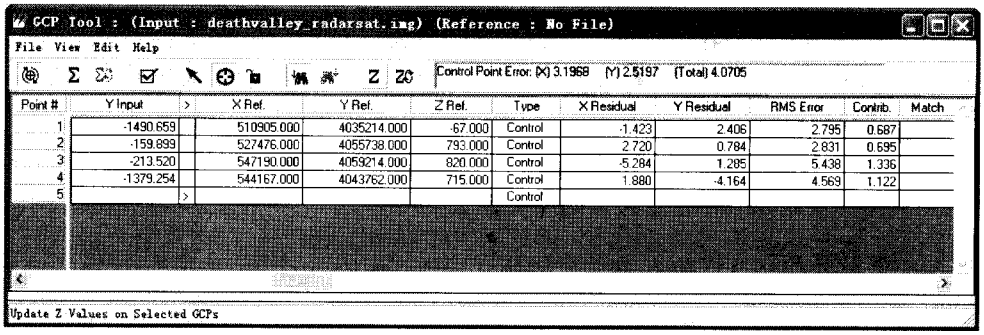


图 6.30 GCP Tool 窗口

这里要注意 GCP Tool 中自动生成了 Z Ref，这与表 6.2 中的 Z Ref 是不一致的，必须用表 6.2 中的 Z Ref 值将其全部替代。

（3）输入最后一个 Z 参考坐标值后按回车确认输入。

7）解算校正模型（Solve the model）

（1）在 GCP Tool 对话框中，单击解算几何模型按钮 Σ，执行计算并得到各控制点的 X 残差（Residual）、Y 残差、中误差（RMS Error）及贡献率（Contrib），而控制点的总体误差将分别以 X 误差、Y 误差和 Total 误差来报告，单位为像素。此时原始的传感器飞行轨道参数信息已自动调整到与地面控制点最匹配状态，且修改后的轨道参数将内置于 Ortho Radar 模块，以用于正射校正（此时 GCP Tool 及其表内容如图 6.31 所示）。

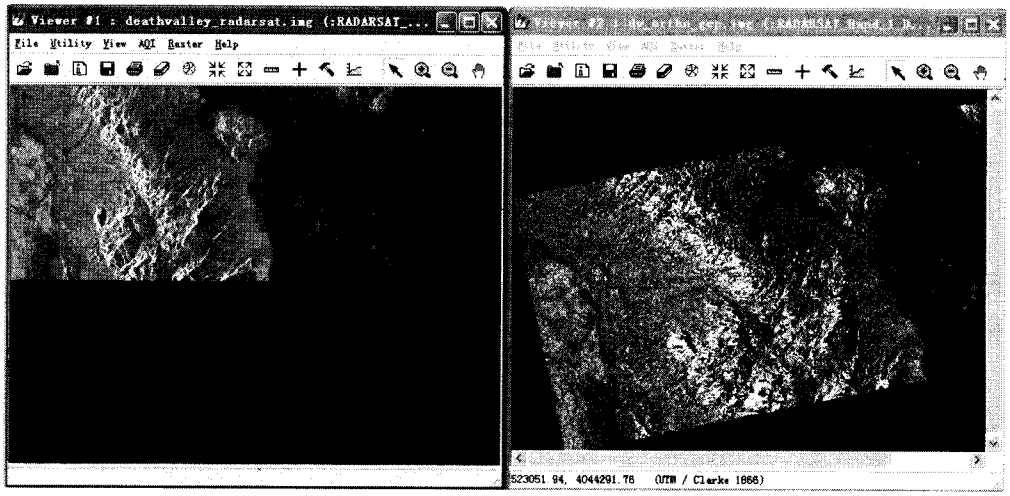


图 6.31 校正前（左）后（右）对比图

（2）选择 File | Close 命令，关闭 GCP Tool 对话框。

（3）弹出是否需要保存参考点为新的地面控制点文件的对话框，因为这里不需要保

存这些参考控制点值，所以单击否，关闭对话框。

8）图像重采样（Resample the Image）

（1）在 Geo Correction Tools 对话框（图 6.22）中，单击重采样按钮，打开 Resample 对话框（图 6.24）。

（2）设置输出文件（Output File）为 D:\Chp6\Tutor2\dv_ortho_gcp.img。

（3）设置重采样方法（Resample Method）为 Nearest Neighbor。

（4）确定输出像元大小（Output Cell Size），X、Y 都设为 30。

（5）选中 Ignore Zero in Stats. 选项，处理时默认忽略 0 值。

（6）单击 OK 按钮，执行重采样处理并关闭图像。

9）查看正射校正结果（Verify the Orthorectification）

分别在两个 Viewer 视图窗口中打开原始雷达图像 Deathvalley_Radarsat.img 和经过 GCP 校正的正射校正图像 dv_ortho_gcp.img。

Viewer#2 中显示的是经过校正后的图像 dv_ortho_gcp.img，与左边的原始图像 Deathvalley_Radarsat.img 对比可知，经过处理后的图像既校正了地形又转换到了 UTM 投影坐标系统中，在下部的状态条中可以看到坐标值。

对比完后选择 Session | Close All Viewers 命令，关闭所有显示窗口。

6.2.4 对比 OrthoRadar 正射校正效果

这一节使用 ERDAS IMAGINE 的可视化功能来比较与评价以上操作中产生的三幅图像，具体步骤如下。

1）显示重采样图

（1）选择 File | Open | Raster Layer 命令，打开 Select Layer To Add 对话框。

（2）选择打开文件（File Name）为前面处理获得的 DV_geo.img。

（3）在 Raster Options 选项卡，选择 Fit to Frame。

（4）单击 OK 按钮，打开地理编码的雷达图像。

2）叠加地势参照图像

（1）在打开 DV_geo.img 的 Viewer 窗口中，选择 File | Open | Raster Layer 命令，打开 Select Layer To Add 对话框。

（2）选择文件（File Name）为 DeathValleyRelief.img。

（3）在 Raster Options 选项卡，取消选中 Clear Display 选项。如果选中此项则会将前面的 DV_geo.img 图像从 Viewer 窗口中消除。

（4）单击 OK 按钮，Viewer 窗口就已添加了 DeathValleyRelief.img 图像。

此时新加的图像位于上部，DeathValleyRelief.img 叠加在 DV_geo.img 上。

3）对比查看相关地形匹配

（1）选择 Utility | Swipe 命令，打开 Viewer Swipe 工具。

（2）按住鼠标左键拖动滑动标尺，可以查看校正图像与地形阴影图的匹配情况（图 6.32）。

（3）单击 Cancel 按钮，关闭 Viewer Swipe 工具。

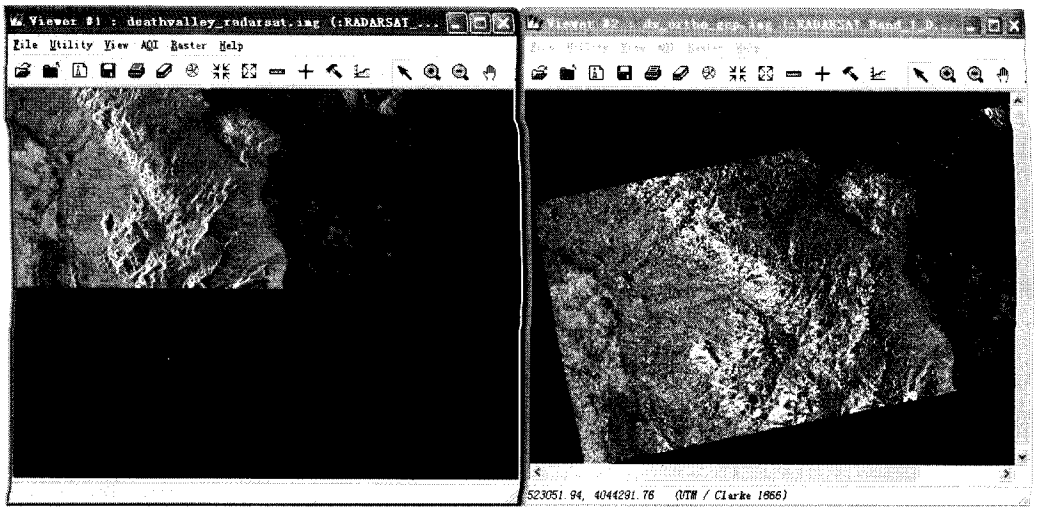


图 6.32　地形匹配前（左）后（右）对比

4）正射校正结果总结

按同样的方法将 DEM 正射校正图像 dv _ othto. img 和 GCP 正射校正图像 dv _ ortho _ gcp. img 与地形阴影图像 DeathValleyRelief. img 进行对比观察分析，综合以上观察对比分析，发现：

• 地理编码图像：仅图像左侧部分与地势阴影图匹配良好。这是可以理解的，因为此区域的地势高程都在 0m 左右，而在山区由于本身的高程是剧烈变化的，所以导致图像的山区部分产生巨大误差，因此需要进一步的正射校正以减小误差。

• DEM 正射校正图像：此时的雷达正射图与地形阴影图像的匹配情况已获得极大提高，说明对山区雷达图像进行正射校正是非常重要和必要的，而且我们还能发现，在某些时候，即使不使用地面控制点来进行处理，DEM 正射校正的结果也仍很好。

• GCP 正射校正图像：该图像匹配情况与使用 RADARSAT 模型获取的 DEM 正射校正图像的差异较小。

6.3　利用立体 SAR 影像建立 DEM

利用 SAR 立体像对提取地形高程是 SAR 图像应用相当重要的内容，在方法上与利用光学立体像对提取高程信息没有本质差别，都是利用视差原理，只是 SAR 的地距或

斜距投影的构像方式与光学遥感的中心投影的构像方式有较大差别，目前主要有两种从SAR中提取高程数据的方式：立体测量方式（stereo）和干涉测量方式（interferometry）。雷达图像立体测量方式提取地面高程与光学遥感立体像对提取高程处理非常类似。

ERDAS IMAGINE 9.1 雷达图像处理套件的 IMAGINE StereoSAR DEM 模块是一个以雷达立体测量原理从雷达图像生成 DEM 数据的工具，它以对话框方式出现，在此对话框中将依次经过 9 个处理过程来生成 DEM 数据，在此过程中会创建一个扩展名为 .ssp 的工程文件，工程文件中记录有各步骤对数据处理信息，并最终生成记录着地面高程信息的 DEM 图像。

以下是利用 imagine StereoDEM 来生成 DEM 数据的基本过程。

在正式进行处理前需先将要使用的图像数据拷贝到一个新的文件夹中，这里还需要有此文件夹的写权限（在文件夹的属性中进行设置）。本节中 C：\Program Files\Leica Geosystems\Geospatial Imaging 9.1\examples\StereoSAR _ Ref.img 图像与 StereoSAR _ Match.img 分别在两个视窗中打开，并另存到具有写权限的新建文件夹如“D：\Chp6\Tutor3”中，这一过程会自动为图像建立金字塔，提高浏览图像的速度。

6.3.1 新建 StereoSAR DEM 工程

选择 Radar 图标 | StereoSAR 命令，打开 StereoSAR Project Selector 对话框(图 6.33)。

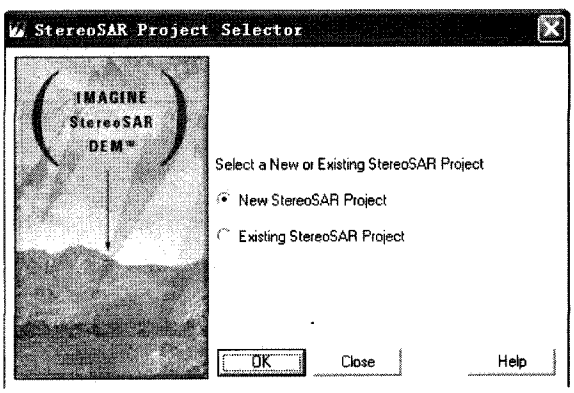


图 6.33 StereoSAR Project Selector 对话框

选择 New StereoSAR Project 选项以建立一个新的工程，并点击 OK 按钮，弹出 Create New StereoSAR Project 对话框（图 6.34），导航到 D：\Chp6\Tutor3，输入新工程的名称 stereosar _ tour.ssp，如果只打开一个以前生成的工程文件，则直接选择 Existing StereoSAR Project，单击 OK 按钮，浏览并打开工程。

点击确定，打开处于 Input 步骤的 StereoSAR DEM 对话框（图 6.35）。

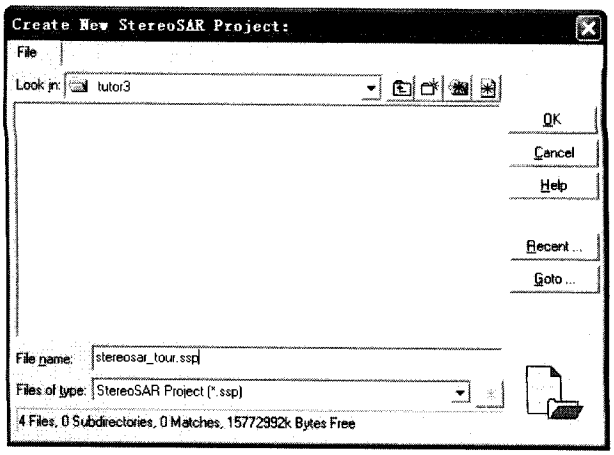


图 6.34　Create New StereoSAR Project 对话框

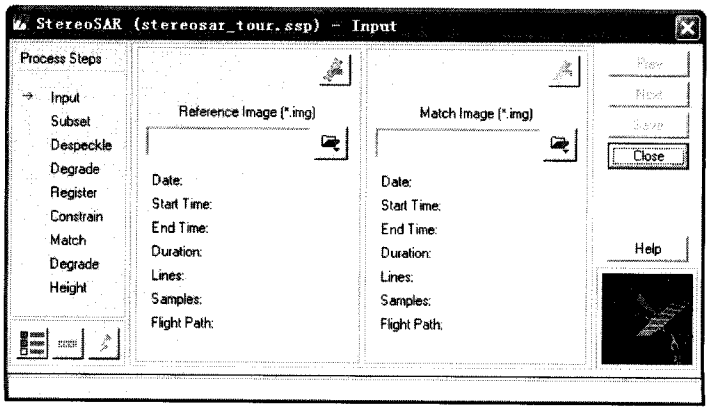


图 6.35　StereoSAR-Input 对话框

6.3.2　输入设置

由 IMAGINE StereoSAR DEM 模型生成 DEM 从 Input 步骤正式开始，此步骤主要为后面的处理做准备工作。

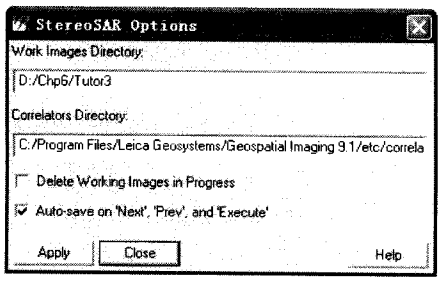


图 6.36　StereoSAR Options 对话框

1）数据存储设置

在开始 DEM 生产过程之前还需要指定用以存储 IMAGINE StereoSAR DEM 模型将产生的中间文件，每执行一次处理过程都会产生中间图像。

（1）点击左下角的选项按钮，打开 StereoSAR Options 对话框（图 6.36）。

Work Images Directory 中设置的路径将存储 DEM 生产过程中产生的图像文件；因为这里使用的匹配关联器由 ERDAS 直接提供，所以 Correlators Directory 中的设置为 ERDAS 系统目录下的…/etc/correlators 文件夹，便于在后面的处理过程中导入匹配关联器文件。

(2) 在 Work Images Directory 中设置好输出目录。

(3) 确认 Correlators Directory 设置为默认的输入目录。

(4) 确认 Delete Working Images in Progress 未选中，不删除在处理过程中产生的中间文件。

(5) 选中“Auto-save on 'Next', 'Prev', and 'Excute'”，自动保存处理信息到 .ssp工程文件中。

(6) 点击 Apply 按钮，保存新设置。

(7) 点击 Close 按钮，关闭此对话框并回到 StereoSAR DEM 对话框的 Input 步骤。

2) 选择参考图与匹配图

匹配图与参考图是雷达传感器从不同的角度获得的同一地面图像数据，一般参考图相对匹配图更靠向目标一侧，获取图像时的两传感器与目标之间形成的夹角大小是影响最终生成 DEM 数据精度大小的关键因素之一，过大或过小都会降低最终生成 DEM 的精度，因此在选择处理图像时需注意。

(1) 在 Input 步骤中，点击 Reference Image 下的 按钮，选择 D: \ Chp6 \ Tutor3 \ stereosar _ ref. img。此时参考图的有关信息将会显示在参考图文件名的下方，同时文件名上方红色的参考图飞行轨迹校正图按钮将被激活。

(2) 点击 Match Image 下的 按钮，选择 D: \ Chp6 \ Tutor3 \ stereosar _ match. img。

此时匹配图的有关信息也对应显示在匹配图文件名的下方，同时文件名上方绿色的匹配图飞行轨迹校正按钮 将被激活。

注意，在整个 IMAGINE StereoSAR DEM 对话框的处理过程中，红色始终与参考图像相对应，而绿色将始终与匹配图像相对应。此时的 Input 步骤对话框状态如图 6.37 所示。

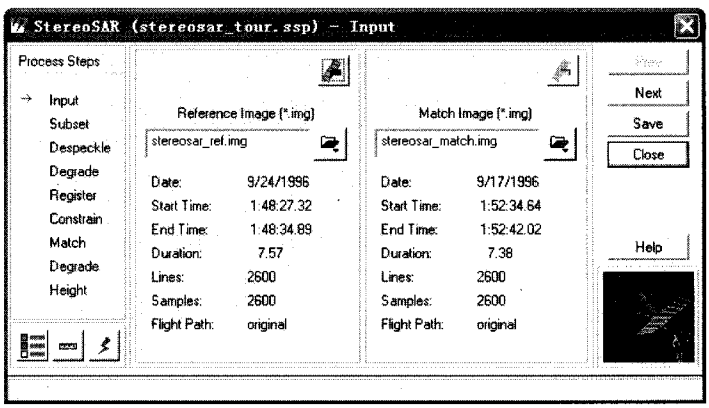


图 6.37 设置 StereoSAR-Input 对话框

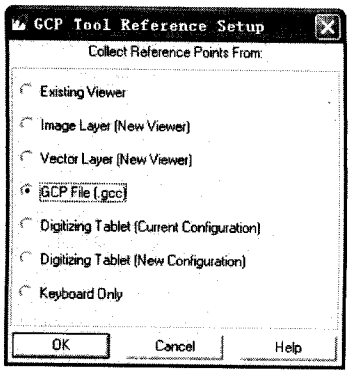


图 6.38　GCP Tool Reference Setup 对话框

3）查看飞行轨迹信息并校正

该部分将介绍怎样使用地面控制点（GCP）校
参考图像的卫星星历。因为所提供的卫星星历信息
般来说本身精度比较高，所以通常只有地面控制点
精度非常好时才利用它，否则不对卫星星历进行处理

（1）点击 Reference Image 上方的红色参考图像
行轨迹校正按钮，打开 GCP Tool Reference Setu
对话框（图 6.38）。

（2）选择地面控制点文件（GCP File）。

（3）单击 OK 按钮，弹出 Reference GCC File
话框。

（4）选择 C：\ Program Files \ Leica Geosystems \ Geospatial Imaging 9.1
examples \ StereoSAR _ USGS _ Ref. gcc 文件。

（5）单击 OK 按钮，关闭 Reference GCC File 对话框。

此时 StereoSAR Flight Path Adjustment Tool 被打开，同时打开三个以不同分辨
显示 StereoSAR _ Ref. img 图像的视窗（图 6.39）。

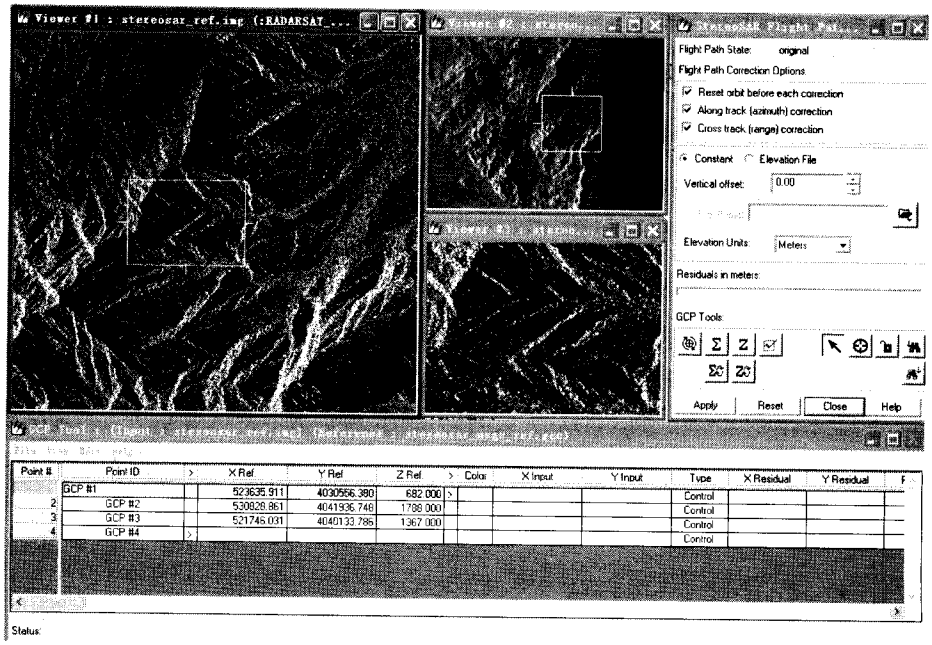


图 6.39　飞行轨迹调整工具及视窗

图 6.39 的 GCP Tool 窗口中，点的类型（Type）是控制点类型（Control）。此步
骤中所计算的点是具有真实地理坐标的地面控制点，用以校正这一景图像的轨道值。

（6）在下方 GCP Tool 窗口中，选择 File | Load Input 命令，打开 Input GCC Fil

对话框。

(7) 选择 StereoSAR _ Ref _ Control. gcc。此文件中的点是与参考图像相关联的地面控制点(GCPs)，它们将与已知的 USGS GCPs 一起对轨道参数进行校正。

(8) 单击 OK 按钮，关闭 Input GCC File 对话框。此时地面控制点就被加入到 GCP Tool 的 X input 与 Y input 列内，视图中的控制点将以红色显示。

(9) 单击 StereoSAR Flight Path Adjustment 对话框中的 Σ 按钮，通过控制点解算几何校正模型(图 6.40)。这里计算了中误差，StereoSAR Flight Path Adjustment 对话框中的 Residual 部分显示几何模型的计算结果，计算的残差以米为单位。

单击 Apply 按钮，应用 StereoSAR Flight Path Adjustment Tool 生成的飞行轨迹状态参数，校正原始飞行轨迹，IMAGINE StereoSAR DEM 对话框 input 步骤中的飞行轨迹状态将由先前的 original 变成 corrected，表明已被校正。

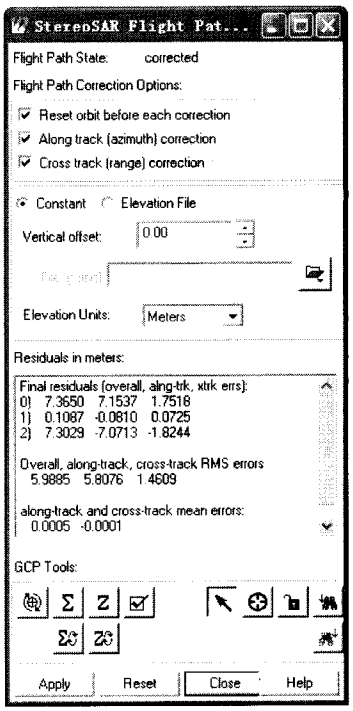


图 6.40 StereoSAR Flight Path Adjustment 对话框

6.3.3 获取图像子集

通常一景图像覆盖的范围比较大，如果应用中只需对图像某些区域进行处理可在此步骤中提取图像局部区域进行研究，这样既能减短处理时间又能节省存储空间。需要获取图像子集的另一种情况是，在对两幅雷达像对进行全景相关性处理前可以取图像局部预先对相关参数进行测试，提取图像子集是一个可选处理过程，并不是必需的，这里仅简略介绍一下提取过程。

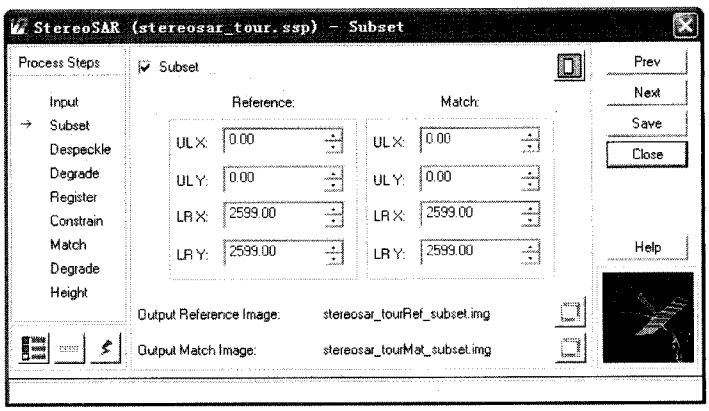


图 6.41 StereoSAR-Subset 对话框

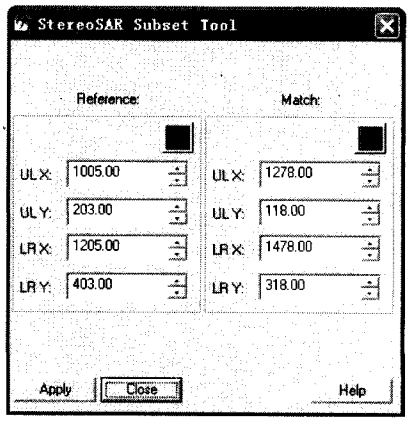


图 6.42 StereoSAR Subset Tool 对话框

(1) 单击 IMAGINE StereoSAR DEM 对话框右上角的 Next 按钮进入 Subset 步骤。

(2) 选中 Subset 选项后激活此步骤中的其他选项(图 6.41)。

(3) 点击右上角的按钮,打开 StereoSAR Subset Tool 对话框,并在两视图窗口中分别打开参考图与匹配图。

(4) 单击左侧红色子集获取按钮,此时将鼠标放入 StereoSAR _ Ref. img 中,鼠标变为十字交叉状。

(5) 单击参考图的中心,十字鼠标变为一红色方框,可以改变方框大小以调整参考图的子集大小。

(6) 单击右边的绿色按钮,用同样的方法确定匹配图像 StereoSAR _ Match. img 的子集。

这里所选择的两个子集之间必须有重叠部分,否则不能生成 DEM。

(7) 在 StereoSAR Subset Tool 对话框(图 6.42)中,单击 Apply 按钮,应用所选择的子集。此时选定的子集范围坐标值,已经传入了 IMAGINE StereoSAR DEM 对话框的 Subset 面板中。

(8) 单击 Close 按钮,关闭 StereoSAR Subset Tool 对话框及两个视图窗。

(9) 在 IMAGINE StereoSAR DEM 的 Subset 面板中取消 Subset 选项,将参考图与匹配图的坐标范围恢复为原始范围。

(10) 单击右上角的 Next 按钮进入下一步。

6.3.4 消除斑点噪声的影响

在图像自动相关处理前是否进行斑点噪声消除处理可根据情况灵活选择,此时进行图像斑点噪声消除处理主要基于两点考虑:第一,两幅图像中的斑点噪声都是完全随机分布的,图像间没有相关联性,这些噪声的存在将扰乱图像自动相关处理计算;第二,所处理的两幅图像在获取时的几何视角不同导致两幅图像之间存在差异,而具有低通特征的斑点噪声消除算法正好可以增强两幅图像间的一致性,从而最终提高图像自相关处理的效果。

进入斑点噪声消除步骤后,StereoSAR-Despeckle 对话框如图 6.43 所示。这一步骤的作用是减低参考图与匹配图中的斑点噪声,减小雷达的斑点噪声可以提高图像配准的质量。

(1) 选中 Despeckle 复选框,激活面板中的其他内容。

(2) 单击 Filter 和 Moving Window 的 Size 两个下拉列表查看可应用图像的不同选项。

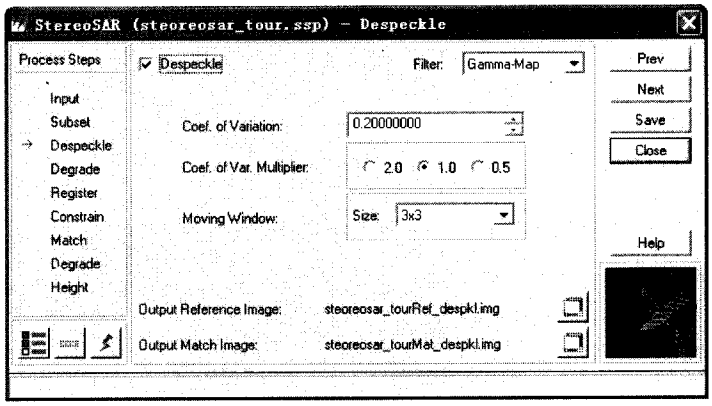


图 6.43　StereoSAR-Despeckle 对话框

(3) 取消对 Despeckle 复选框的选择（在这里我们仅仅为了熟悉这一步骤的操作，并不真正对两幅图像进行斑点噪声消除）。

(4) 点击右上角的 Next 按钮进入下一步骤。

6.3.5　第一次像元降级处理

此步骤中的 Degrade 处理主要在以下两种情况下使用：当使用的输入图像为单视复数图（Single Look Complex）类型时，其像元通常并不是正方形，需要调整雷达图像某一方向的比率因子，使图像像元成为正方形状；还有时需通过降低整幅图像的分辨率，达到减小存储空间及缩短处理时间的目的，这时也要进行 Degrade 处理。

本操作面板中的 Rescale 选项的作用是转换输入图像的存储格式，利用两个标准离差延伸来将图像从无符号 16-bit 格式转换为无符号 8-bit 格式，因为测试表明保持 16-bit 存储格式没有任何必要，此转换操作一般应选中。

这一步骤是制作 DEM 过程两次 Degrade 处理中的第一次，对图像进行 Degrade 处理、将变换图像的分辨率，此步骤中还需将所选图像数据格式重新选为 8 位无符号型，这样可以节省系统资源，否则，在接下来的图像处理过程中将耗费更多的时间，所产生中间文件将会占用更多的存储空间。

(1) 选择 Rescale to Unsigned 8-bit 选项，此时底部的输出图像文件名随之改变。这些工作图像将保存在前面 Work Images Directory 中指定的目录中。

(2) 单击命令执行按钮，执行处理过程。

比例重设过程执行完成后，Degrade 及前面步骤前都会出现一蓝色钩，用以说明处理已完成（图 6.44）。

(3) 单击 Next 按钮进入 Register 处理步骤（图 6.45）。

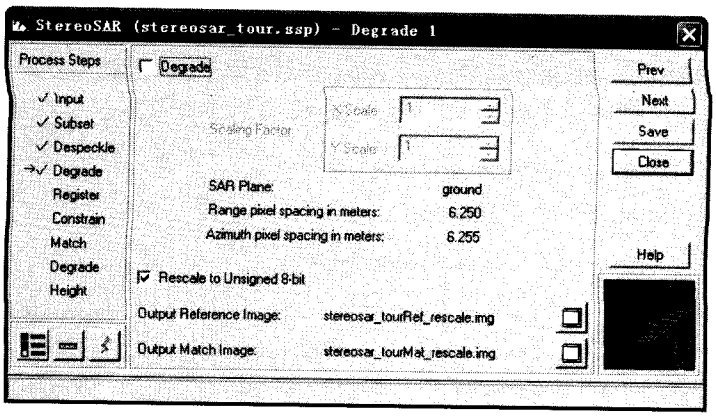


图 6.44　StereoSAR-Degrade 对话框

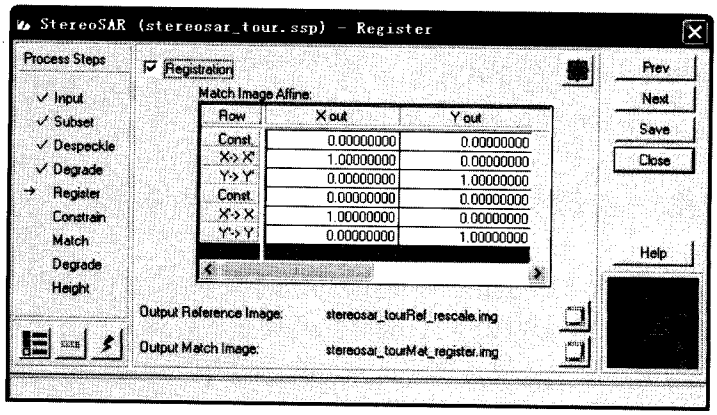


图 6.45　StereoSAR-Register 对话框

6.3.6　配准

配准处理是整个 DEM 生成过程第一个必须进行的重要操作，配准处理使用一个仿射变换对匹配图像进行旋转，使其最大限度地与参考图像对齐，经此调整，就可以将大部分衍生高程信息的像元视差偏移（parallax）都调整到距离向（x 轴）方向上来，大大减小在图像匹配步骤中所需的搜索窗口的大小。

选择配准处理使用的图像关联点时需要注意两点：第一，与任何图像间的配准一样，关联点应该尽可能均匀分布在整个图像中；第二，因为要计算 x 轴与 y 轴方向上最大最小视差偏移，因此所选择的关联点还必须是那些具有最大最小视差的点。

此步骤获得的输出结果是以像元为单位的最大最小视差偏移值，包括 x 轴和 y 轴两个方向上的，这些值被存储起来，并在匹配（Match）步骤中对 IMAGINE StereoSAR DEM 相关器进行调整，这一处理非常关键，因此在处理步骤中得到的结果必须是准确的。

1）将匹配图像配准到参考图像

（1）在图 6.45 中，选中 Registration 复选框。

（2）单击 Register 面板右上角的 StereoSAR Registration Tool 按钮，弹出 StereoSAR Registration Tool，GCP Tool 对话框和六个以不同分辨率显示的匹配和参考图的视图窗口（图 6.46）。

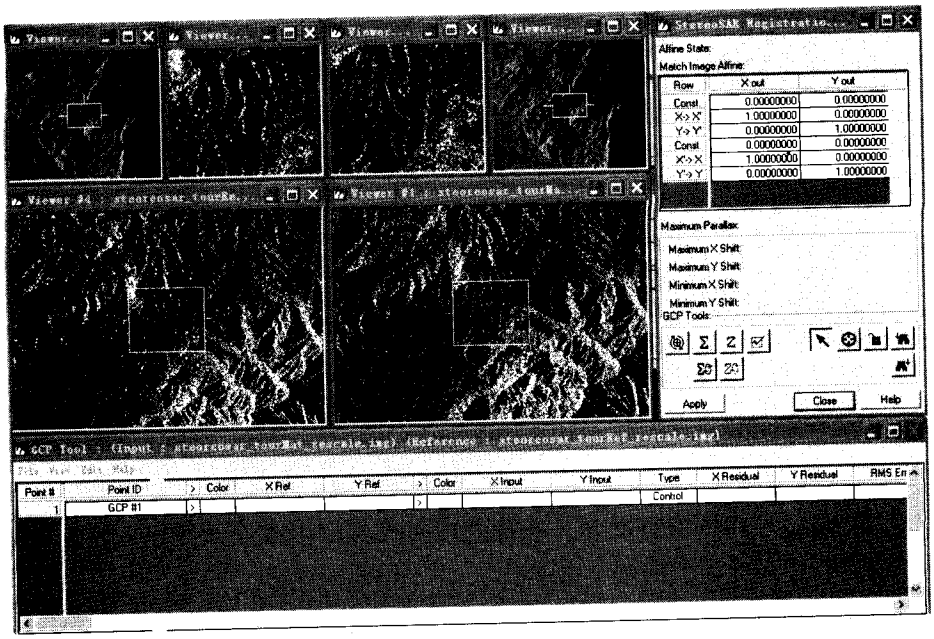


图 6.46　匹配图像与参考图像配准

（3）在 GCP Tool 窗口菜单条，选择 File | Load Reference 命令，打开 Reference GCC File 对话框。

（4）选择 C:\Program Files\Leica Geosystems\Geospatial Imaging 9.1\examples\StereoSAR _ Ref _ Tie.gcc 文件，单击 OK 按钮。

（5）在 GCP Tool 窗口菜单条，选择 File | Load Input 命令，打开 Input GCC File 对话框。

（6）选择 StereoSAR _ Match _ Tie.gcc 文件，单击 OK 按钮。该处直接通过 ERDAS 提供的关联点文件获得匹配关联点。

（7）在 StereoSAR Registration Tool 对话框，单击几何模型计算图标按钮 Σ，计算像对视差，如图 6.47 所示。

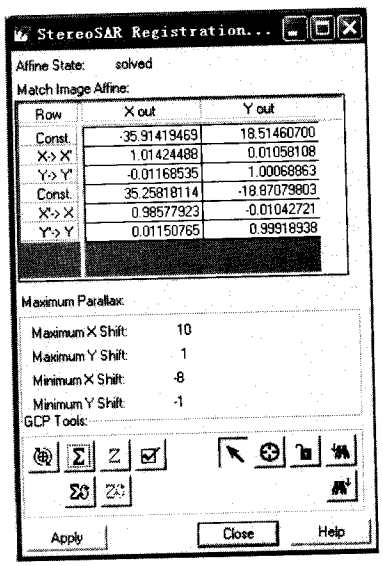


图 6.47　StereoSAR Registration 对话框

此时 Affine State 处于已完成的 solved 状态。从图中还可以看出 X 方向的视差是最大的，其变化范围从－8～10 像素。

（8）在 StereoSAR Registration Tool 对话框中，单击 Apply 按钮。

（9）单击 Close 按钮，关闭此工具。除 StereoSAR 外其他窗口全部关闭。

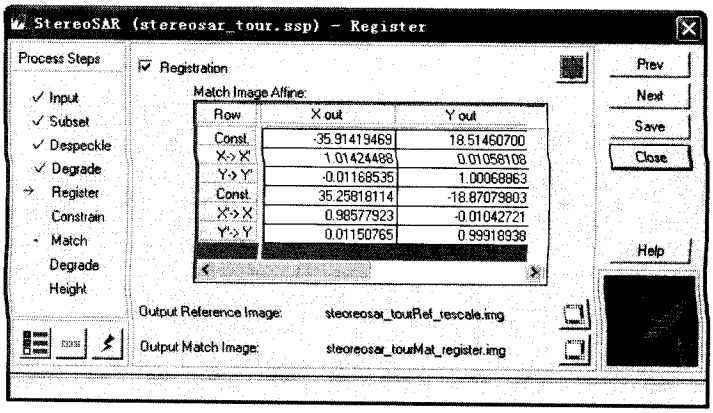


图 6.48　生成 Register 几何校正模型

此时已经完成了几何校正模型，如图 6.48 所示，Match Image Affine 中的数据将用于使匹配图像配准到参考图像，并计算 X 方向与 Y 方向的调整值。

（10）单击 按钮，执行配准。等待处理完成后将生成立体图层，此立体图层将取代前面保存数据源时生成的金字塔层。

2）检查配准结果

（1）配准处理结束后单击对话框底部的 Output Match Image 后面的 按钮，打开前面生成的 stereosar _ tourMat _ register. img 图像。

（2）在显示 stereosar _ tourMat _ register. img 图像的 Viewer 视图窗口，点击 按钮，打开 Select Layer To Add 对话框。

（3）选择 D：\ Chp6 \ Tutor3 \ 的 stereosar _ tourRef _ rescale. img 图像。

（4）在 Raster Options 中取消对 Clear Display 的选择。

（5）单击 OK 按钮，打开图像，此时两幅图像上下重叠在 Viewer 中。

（6）选择 Utility | Swipe 命令，打开 Viewer Swipe 对话框。

（7）用鼠标拖动 Viewer Swipe 的滑动标尺来对照两图像的一致程度的多少。可以看出在垂直方向（Y 向视差）偏移量仅为－1～1 个像元，一致性非常好；而在水平方向（X 向视差）偏移量达到－8～10 个像元之间，一致性没有垂直方向上好。

（8）单击 Cancel 按钮，关闭 Viewer Swipe 对话框。

（9）选择 Viewer 中的 File | Close 命令，关闭 Viewer 视窗。

3）使用 StereoSAR Stereo Solution Tool 工具查看高程

创建 DEM 的过程到了这一步，已经可以从立体像对图中得到已知要素的高程。

(1) 单击 IMAGINE StereoSAR DEM 对话框左下角 StereoSAR Solutions Tool 工具按钮。此时将自动打开 StereoSAR Stereo Solutions Tool 对话框及显示 stereosar _ tourRef _ rescale. img 和 stereosar _ tourMat _ register. img 的两个 Viewer 视窗（图 6.49）。

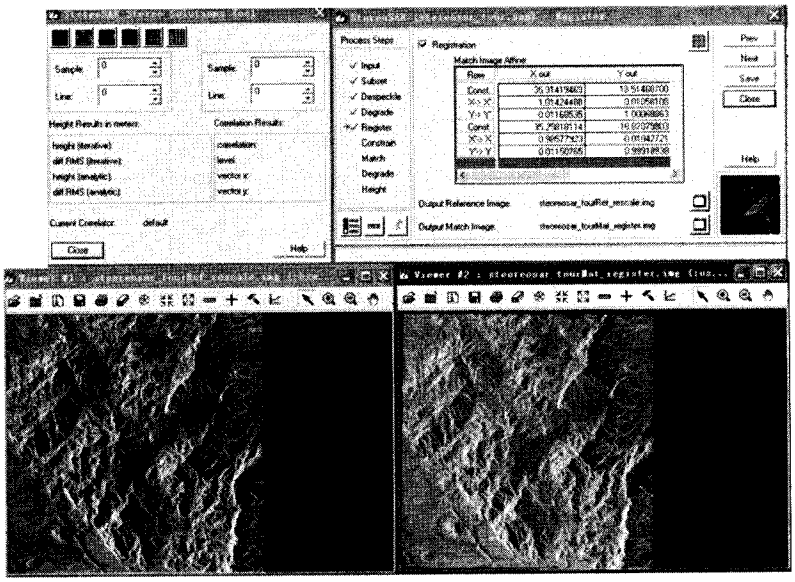


图 6.49 查看高程值

(2) 单击 StereoSAR Stereo Solutions Tool 中的红色 Reference Point 按钮。

(3) 移动鼠标到显示 stereosar _ tourRef _ rescale. img 的视窗中，此时鼠标箭头变为十字状，单击视窗中的一个要素，出现红色参考点，并标记为 Reference Point，点的坐标值自动填入 StereoSAR Stereo Solutions Tool 的左侧 Sample 和 Line 里。

(4) 单击绿色 Match Point 按钮。

(5) 移动鼠标到显示 stereosar _ tourMat _ rescale. img 的视窗中，此时鼠标箭头变为十字状，点击在参考图中所选中相同的要素。单击视窗中要素后会出现绿色参考点，并标记为 Match Point，点的坐标值自动填入 StereoSAR Stereo Solutions Tool 的右侧 Sample 和 Line 里。

(6) 单击 Align Match Point 按钮，使所选的匹配点对齐参考点。此时 StereoSAR Stereo Solutions Tool 中的两个 Sample 和两个 Line 中的值变一致。

(7) 单击 Calculate Height 按钮，计算所选要素点的高程坐标值。此时计算结果显示在 StereoSAR Stereo Solutions Tool 的 Height Results in meters 区域内。

(8) 单击绿色的 Calculate Shift 按钮。

Calculate Shift 可使参考图中所选点与匹配图中对应点自动关联。使匹配图中的匹配点（Match Point）、参考图中参考点（Reference Point）关联一致，所需偏移量显示在 StereoSAR Stereo Solutions Tool 右下角的 vector x 和 vector y 字段中，这时右上角

匹配图的 Sample 和 Line 值的改变也反映了这种偏移。此时的 StereoSAR Stereo Solutions Tool 如图 6.50 所示。

correlation 值越接近于 1，表明匹配结果越理想。

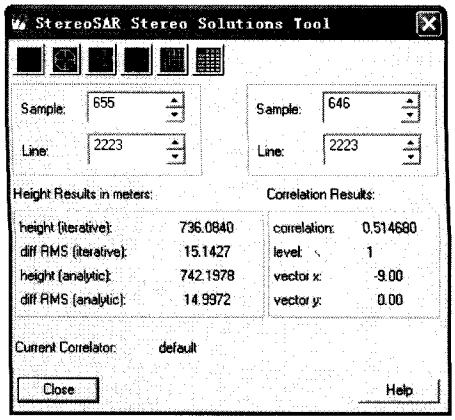


图 6.50　StereoSAR Stereo Solutions Tool 对话框

检查 IMAGINE StereoSAR DEM Correlator。

（1）单击蓝色 Correlator 按钮，打开 StereoSAR Correlator 对话框（图 6.51）。

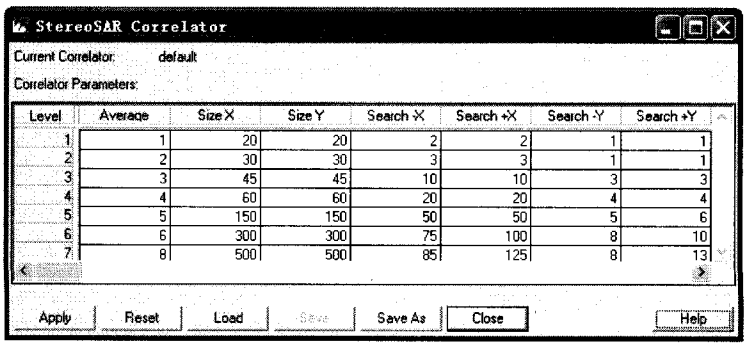


图 6.51　StereoSAR Correlator 对话框

（2）查看 StereoSAR Correlator 窗口中的相关器参数值。

注意到前面在 Register 步骤中 X 方向探寻的视差范围是从－8～10 个像元，所以这里关联器参数里对应的范围值可能需要做相应的调整，实际应用时应在分辨率最低的金字塔层（一般是 level-6 或 level-7）搜索范围（Search）内分别输入最大最小值。

（3）单击 Close 按钮，关闭 StereoSAR Correlator 窗口。

（4）单击 Close 按钮，关闭 StereoSAR Stereo Solutions Tool 对话框，放弃操作并自动关闭两个视窗。

（5）单击 Next 按钮，进入下一个 Constrain 步骤。但是由于 ERDAS IMAGINE 9.1 版本还未能实现此功能，所以再次单击 Next 按钮进入 Match 步骤。此时的 IMAGINE StereoSAR DEM 对话框如图 6.52 所示。

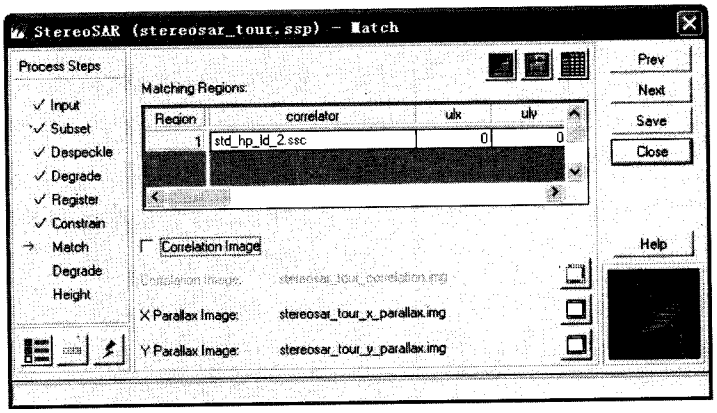


图 6.52　StereoSAR-Match 对话框

6.3.7　图像匹配

图像匹配是在两幅影像图间寻找关联匹配点。它以参考影像的一个小子集作为模板在匹配影像图中搜寻与模板中心像元最匹配的像元点，接着模板按设定步长整体跨越到新的图像位置，再次到匹配影像图中搜寻与新模板中心像元最匹配的点，这样不断循环直至结束。处理过程中模板子集的大小根据需要设定，若太小，将不能有效包含图像的细节部分，影响匹配的精度，但是设置的太大又会花费更多的处理时间。考虑到搜索最准确的匹配点会消耗大量的处理时间，搜索区域应该尽可能地小，基于此，ERDAS IMAGINE 9.1 要求在匹配处理前先对两幅图像进行配准，在立体测量生成 DEM 过程中，需要得到匹配影像图上一点与参考图像上对应点之间的视差偏移量值，而需在配准过程中确定它们的最大值和最小值，并被用来约束搜寻范围，使程序可以粗略确定匹配点的位置范围。其实图像匹配并非直接在两幅图像间进行的，而是首先从图像金字塔的最顶层开始进行匹配，其次对两图像金字塔的下一层级进行匹配，最后才在两图像间进行匹配。匹配处理中用到的相关器文件记录着对不同层级进行匹配时的参考图模板窗口大小、模板间的步长、搜索窗口大小等信息，供匹配处理使用。

1）使用选定 Correlator 生成 Correlation 图像

使用 StereoSAR Region Tool 工具可以在图像中选择特定区域并指定具体的匹配关联器（correlator）来进行图像匹配处理，特别是对于图像中有显著地形差异的不同区域，如图像范围中的平地区域和山区区域可以使用不同的匹配关联器来进行有针对性的匹配处理，以使处理结果更准确。在本例中处理范围为整个图像区域，并使用了 ERDAS 自带的一个匹配关联器。这里通过以下操作步骤熟悉 StereoSAR Regions Tool 工具的使用。

（1）单击 Match 面板右上角的 StereoSAR Regions Definition 按钮，打开 StereoSAR Regions Tool 工具对话框及显示 stereosar _ tourRef _ rescale. img 图像的视窗。

（2）在 StereoSAR Regions Tool 对话框中选中 Region 字段下的标记 1，此时整行

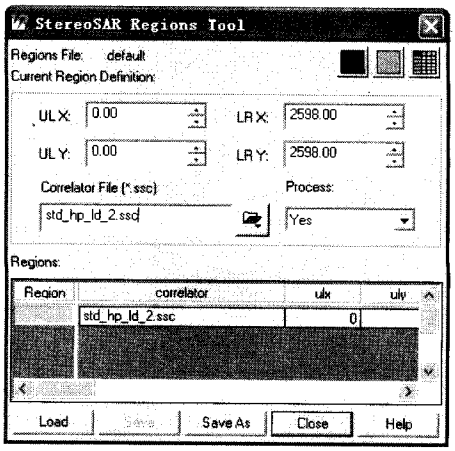


图 6.53　StereoSAR Regions Tool 对话框

高亮显示，对话框中内容也被激活（图 6.53）。

（3）在 StereoSAR Regions Tool 对话框中，单击 按钮，选择 C：\ Program Files \ Leica Geosystems \ Geospatial Imaging 9.1 \ etc \ correlators 中的图像相关信息文件 STD_HP_LD_2.ssc。

（4）确认选中 Process 下拉列表中的 Yes，以在此对话框所定义范围内使用所选择的 Correlator 来处理图像。

（5）鼠标右键点击 Region 字段下的标志 1，选择 Select None。这里的关联器信息就将自动传递到 IMAGINE StereoSAR DEM 对话框的 Match 面板中。还可以在鼠标右键后选择 Insert Row 插入新行，然后点击红色 Region 图标定义新的处理范围并为其选择相应的匹配关联器。

（6）单击 Close 按钮，关闭 StereoSAR Regions Tool 对话框。

（7）单击选择 Correlation Image 选项。

（8）单击 Execute 按钮，执行命令。

2）查看相干系数（Correlation）图

通过 Correlation 图可查看图像匹配的情况。

（1）在 StereoSAR-Match 对话框中，单击下部右侧 stereosar _ tour _ correlation. img 的视窗按钮，打开 Correlation 图像（图 6.54）。



图 6.54　Correlation 图像

(2) 在弹出的视窗中右键选择 Fit Image to Window 使图像对齐窗体。

Correlation 图像中，图像越明亮，说明匹配的效果越好，这是因为明亮区域的要素在 Reference 图和 Match 图中具有精确的位置对应。如图 6.54 所示，存在部分结果不够理想的深暗区域，特别是左下角的三角形内，对此可使用 StereoSAR Regions Tool 工具建立新的处理区域并选用更合适的 Correlator 以提高处理效果。

(3) 查看完毕后，从菜单条中选择 File | Close 命令，关闭视窗。

(4) 单击 Next，进入下一步，将进入 DEM 生产过程的第二个降级（Degrade）步骤。

6.3.8 第二次像元降级处理

第二次 Degrade 处理将压缩前一步骤生成的视差图像文件。虽然属于非必须进行的处理步骤，但这样做更合理一些，并能减小最终生成的 DEM 数据的离差。

(1) 选中面板中的 Degrade 复选框，激活此步骤中的选项（图 6.55）。

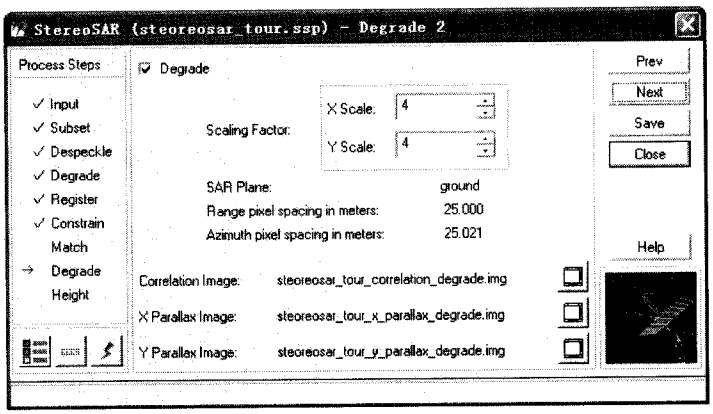


图 6.55 激活 Degrade 操作

(2) 将对话框中比率因子（Scaling Factor）：X Scale 和 Y Scale 都改为 4，这样可以将原图像的像元大小在 X、Y 方向都增大为原像元的 4 倍。

此时距离向和方位向的像元大小增加到 25m 左右，输出的 DEM 分辨率为 25m。

(3) 单击 Next 按钮，进入下一步。此时 IMAGINE StereoSAR DEM 对话框如图 6.56 所示。

6.3.9 生成 DEM

该步骤将综合前面的处理所得信息派生出地表的高程数据。主要是结合两幅输入雷达图像的传感器姿态模型衍生出的立体相交几何模型，并通过这种几何关系处理图像中每一个像元的视差值，最终得到一个以像元为单位的传感器坐标 DEM 数据。

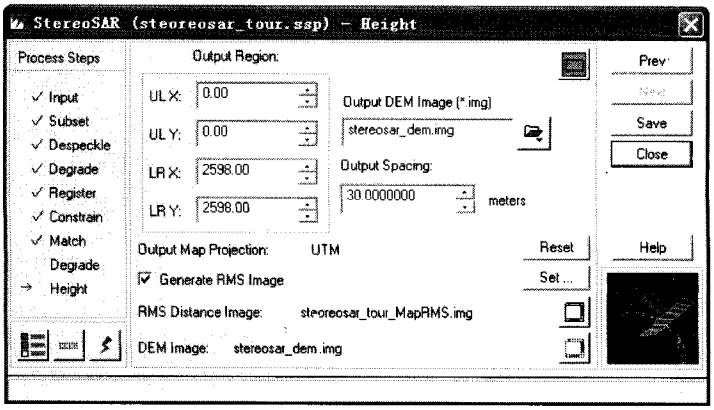


图 6.56　StereoSAR 对话框的 Height 步骤

1）设置所创建 DEM 的参数

（1）在 StereoSAR-Height 对话框，设置输出文件（Output DEM Image）为 D:\Chp6\Tutor3\stereosar_dem.img。

（2）将 Output Spacing 下的数值改为 30。

对 IMAGINE StereoSAR DEM 模型进行深入全面的实验后发现，在采用合适的数据，进行细致的处理后，所得到的 DEM 数据都处在 DTED Level Ⅰ 和 DTED Level Ⅱ 之间，与 USGS 30～90m 的 DEM 数据相对应。

（3）选中 Generate RMS Image 复选框，产生中误差图像。

2）检查输出图像的投影信息

（1）单击 IMAGINE StereoSAR Height 对话框中的按钮 Set...，弹出 StereoSAR Output Map Information 对话框。在对话框中显示图像投影为 UTM WGS84。如需改变投影，单击对话框下部的 Add/Change Map Projection 按钮进行修改。

（2）单击 StereoSAR Output Map Information 对话框上的 OK 按钮，接受已设置的投影信息。

（3）单击 IMAGINE StereoSAR DEM 对话框 Height 步骤中按钮，执行 DEM 生成命令。

3）查看 RMS 图像与 DEM

与 Correlation 图像相似，RMS 图像表现了每个像元的相对准确度。

（1）单击 stereosar_tour_MapRMS.img 旁的按钮，打开显示中误差图像的视窗（图 6.57）。

该 RMS 图中，亮白色显示具有较高的中误差，暗黑色对应中误差较低的像元。

（2）观察完毕，选择 File | Close 命令，关闭视窗。

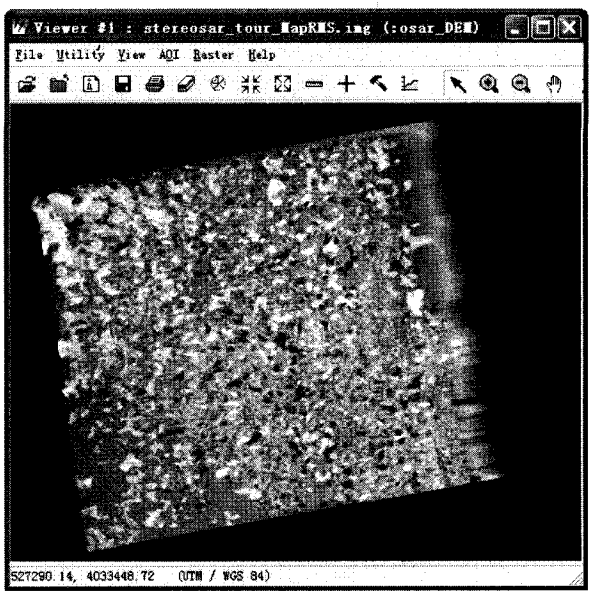


图 6.57 RMS 图像

(3) 单击 stereosar _ dem. img 的旁的按钮，打开生成的 DEM 图像（图 6.58），图中色调的明亮程度与高程值的大小相对应。

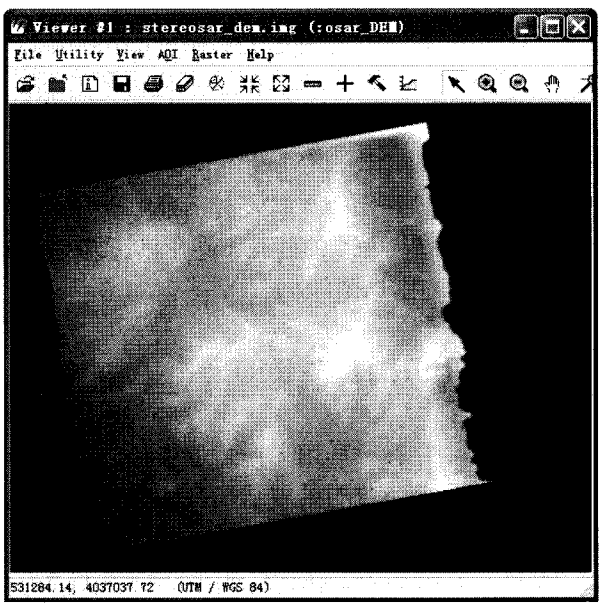


图 6.58 生成的 DEM

(4) 在菜单条中，选择 Utility | Inquire Cursor 命令，打开 Inquire Cursor 对话框。

(5) 在 Inquire Cursor 对话框中按下 按钮。

(6) 按下 按钮，在 DEM 图像中移动查询指针，指针所在点的高程值将显示在 Inquire Cursor 对话框内的 HISTOGRAM 列内。

(7) 查看完毕后关闭 Inquire Cursor 和视窗。

4) 保存 IMAGINE StereoSAR DEM 工程

(1) 在 IMAGINE StereoSAR DEM 对话框中，单击右上角 Save 按钮，保存工程。可在需要的时候再打开该工程。

(2) 在 IMAGINE StereoSAR DEM 对话框中，单击右上角 Close 按钮，关闭 StereoSAR _ Tour. ssp 工程并退出对话框。

6.4 利用雷达干涉测量方法生成 DEM

从干涉雷达影像提取地面高程数据的方法基于一个 SAR 图像所独有的特性：SAR 图像的每个像元中都记录着传感器到地面的距离信息。

雷达遥感不同于通常的可见光/红外遥感，它是以主动方式连续不断地向目标发射电磁波，然后接收返回的信号，这样得到的雷达数据中就可以得到传感器到地面任意点的相位值，通过相位值最终可得到距离值。但是雷达图像中除了距离相位信息，还混入了来自地面的其他噪声相位以及其他影响因素，这导致在单张雷达图像里不可能从综合的相位值中把距离相位值单独提取出来，此时需要获得两幅从不同视点获得的覆盖同一区域 SAR 图像，将两幅图像的相位值相减，生成两幅图像的距离差值数据（因此叫做干涉测量）。由于两幅图像上的其他相位影响因素基本上是相同的，相减后，就使这一部分值相互抵消，剩下两图像中记录的距离相位差，利用这些差值再结合雷达传感器的轨道信息就可以计算出每一个像元点的高程值。

ERDAS 软件中 IMAGINE IFSAR DEM 模块的功能是利用雷达干涉像对生成精度较高的 DEM 数据。在 IMAGINE IFSAR DEM 对话框中创建 DEM 数据的整个过程被分成 8 个步骤，在本例中用来生成 DEM 的两张雷达干涉图像是不同时期在同卫星轨道上获取的死亡谷（Death Valley）雷达图像。

6.4.1 创建 IMAGINE IFSAR DEM 工程

与 StereoSAR 建立 DEM 中一样，利用干涉测量获得 DEM 也需先创建一个工程文件，这个文件中将记录所有的处理过程与处理结果，整个处理过程主要有 5 个步骤，全部在一个工程对话框中依次完成。创建工程过程如下：

(1) 打开 C: \ Program Files \ Leica Geosystems \ Geospatial Imaging 9.1 \ examples \ IFSAR _ Ref. img 和 IFSAR _ Match. img 图像，并保存到一个有写入权限的文件夹中作为本例的工作空间，本例子中的工作文件夹为“D: \ Chp6 \ Tutor4”。

(2) 选择 Radar 图标 | IFSAR 命令，打开 IFSAR Project Selector 对话框。

(3) 选择新建一个 IRSAR 工程，单击 OK 按钮，打开 Create New IFSAR Project 对话框。

(4) 找到具有写入权限的文件夹，然后在对话框中输入工程名称 ifsar _ tour。

(5) 单击 OK 按钮，自动弹出 IFSAR-Input 对话框，左侧指针指向第一步骤 Input (图 6.59)。

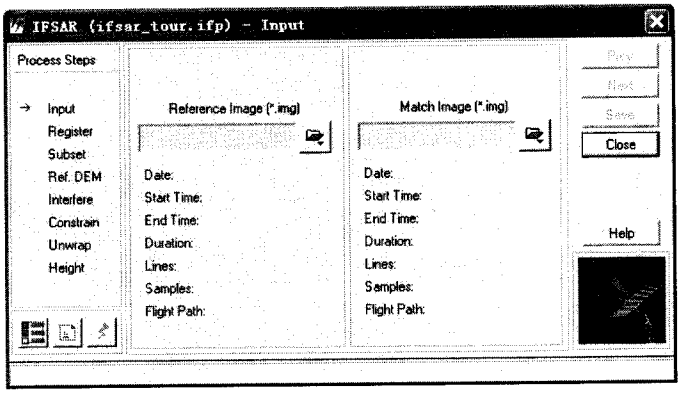


图 6.59 IFSAR-Input 对话框

6.4.2 输入设置

此步骤主要设置处理输出文件的存储位置及选择所使用的源数据。

1) 设置 IFSAR 选项

此步骤为处理过程中的中间文件设定存储位置。

(1) 在 IFSAR-Input 对话框中，单击左下角按钮，在弹出的 IFSAR Options 对话框中输入中间文件存储位置 D: \ Chp6 \ Tutor4 (图 6.60)。

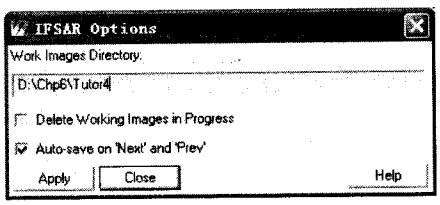


图 6.60 IFSAR Options 设置

(2) 取消对 Delete Working Images in Progress 复选框的选择，保存每次处理的中间文件。

(3) 选中 Auto-save on 'Next' and 'Prev' 复选框，自动保存处理结果。

(4) 单击 Apply 按钮，应用设置参数，点击 Close 按钮，关闭 IFSAR Options 对话框。

2) 选择参考图与匹配图

在 IFSAR-Input 对话框的 Input 步骤中需要指定用于匹配和参考的雷达图像。

(1) 选择参考图像 (Reference Image) 为 D: \ Chp6 \ Tutor4 \ ifsar _ ref. img。

(2) 设置匹配图像 (Match Image) 为 D: \ Chp6 \ Tutor4 \ ifsar _ match. img。此时两幅图的相关信息都显示在文件名以下区域中 (图 6.61)。

(3) 单击右上角的 Next 按钮，进入图像配准处理步骤 (图 6.62)。

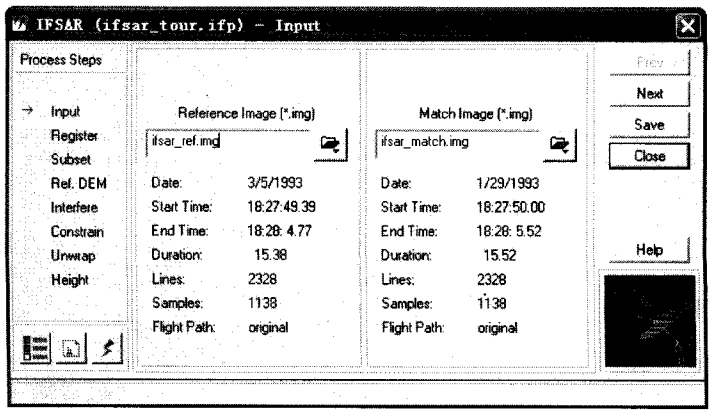


图 6.61 IMAGINE IFSAR DEM 对话框的 Input 步骤

6.4.3 图像配准

图像配准是干涉处理的第一步，它的好坏直接影响到生成干涉条纹的质量，从而影响最终提取的 DEM 的精度。

图像配准的目的在于找到参考图和匹配图之间的对应点。对于配准同一传感器的两天线同时获取的两幅雷达图像来说，这一配准过程是简单而且确定的，但如果需要配准的是雷达传感器在不同重访周期获得的两张雷达图像时，其配准过程较为复杂，需要分成两部分：像元级配准与次像元级配准。

像元级配准：设定一个标准的关联窗口，从参考图的某一点开始，然后在匹配图中设定搜寻范围并搜寻，最终找到两幅图像之间的最佳匹配偏移值，利用这个值就能得到两图像的最佳干涉纹图，并且对于像元级配准，一个偏移值已足够。配准后两图像对应像元间的对应失调误差在距离向和方位向（Range and Azimuth）都在一到两个像元范围之内。

次像元级配准：此过程利用雷达图像数据的相位值对两幅图像进行整体配准，使两景图像每个像元间的对应误差精度达到 1/10 个像元左右，因为地面高程数据来源于相位值，所以该处理步骤非常重要。由于次像元配准结果依赖于像元位置，尤其受距离向位置（X direction）远近的影响，所以生成一个随着距离向位置远近变化的次像元偏移函数是非常重要的。该次像元配准函数在产生干涉图过程中为两图像间的配准插值提供插值仅重。要生成这个函数需要在近距离向和远距离向分别找到两个次像元偏移值。

本节将依次进行以上两种方式的配准。

1）使用 Pixel Register Tool 工具进行像元级配准

（1）在 Register 面板中单击像元配准按钮 。

此时 IFSAR Pixel Register Tool 对话框及四个视窗将填满整个屏幕（图 6.63）。

（2）将左下角 Viewer#1 视窗中的红色圆放大后可以找到一个暗黑色呈逗号状小区域，其中有一个明亮且非常适合作为两幅图间的配准点，用放大工具找到这个点

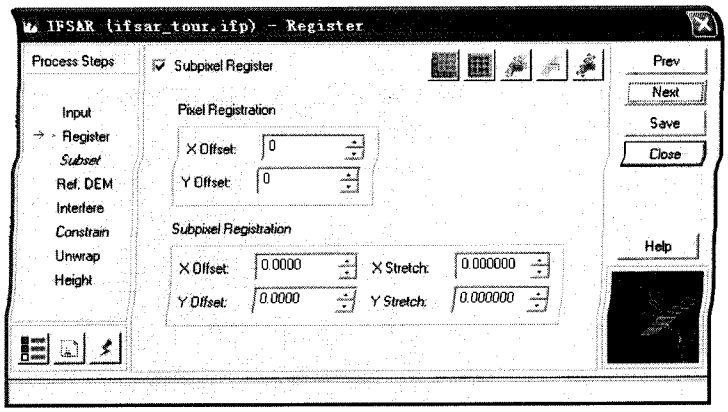


图 6.62　IMAGINE IFSAR DEM 对话框中的 Register 处理

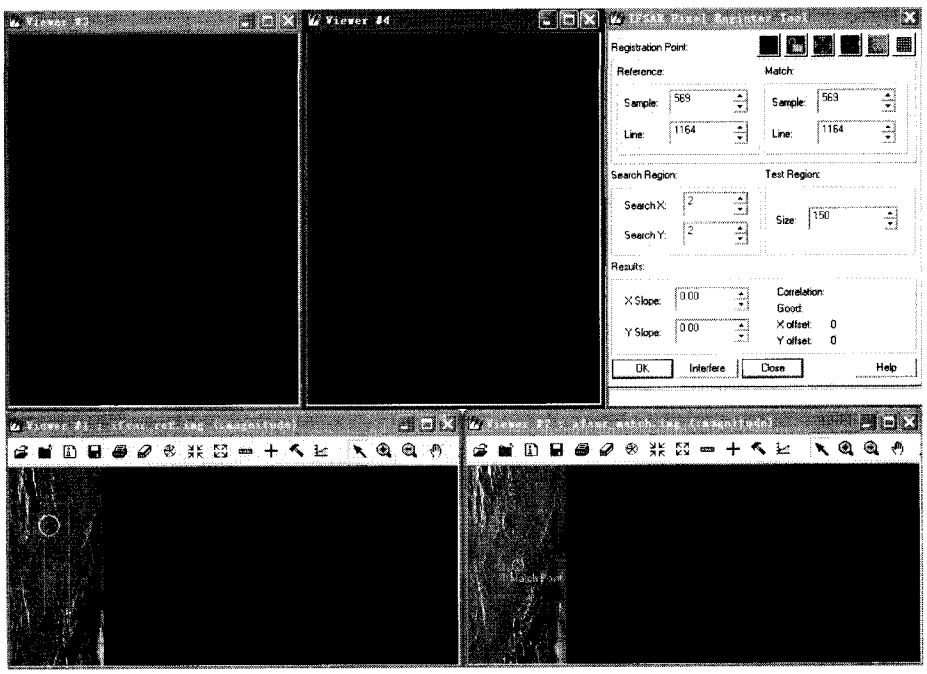


图 6.63　雷达图像像元级配准

(图 6.64)。

(3) 在 IFSAR Pixel Register Tool 对话框中单击红色的 Reference Point 按钮■。

(4) 将鼠标指针移到显示参考图 ifsar _ ref. img 的视窗中，点击图 6.64 中红色圆中的亮白点，将它作为配准点。

此时 IFSAR Pixel Register Tool 对话框内 Reference 的 Sample 值变为 472，Line 值变为 754（本例中也可以直接输入这些值）。

(5) 在匹配图 ifsar _ match. img 中找到同一点。

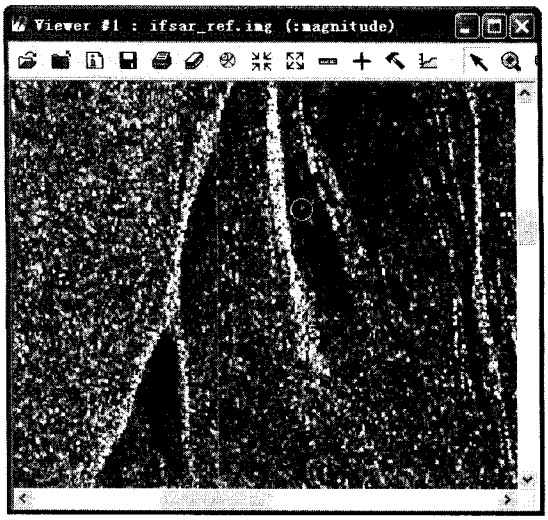


图 6.64　参考图中的配准点

（6）单击绿色 Match Point 按钮。

（7）将鼠标指针移到显示匹配图 ifsar _ match. img 的视窗中，点击在参考图中找到的点对应的亮点，完成参考图与匹配图之间的一个配准点寻找。

此时 IFSAR Pixel Register Tool 对话框内 Match 的 Sample 值变为 422，Line 值变为 703（也可直接输入这些值）。

（8）单击 IFSAR Pixel Register Tool 工具上的 Find the current registration point 按钮。

自动得到已找到的配准点的 X offset，Y offset，X Slope，Y Slope 以及 Correlation 值，Correlation 值越接近 1，说明所选配准点越好。也可以多选择几个配准点，取 Correlation 值最接近于 1 的点作为最佳配准点。

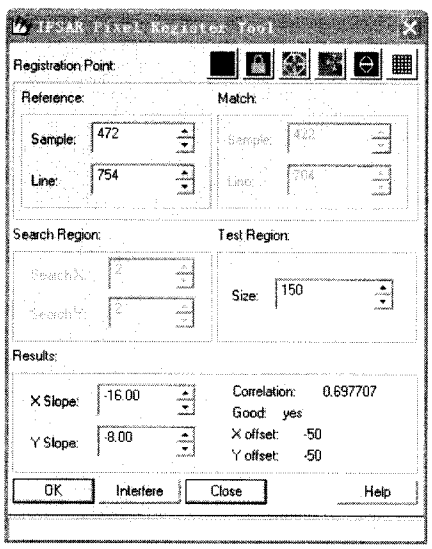


图 6.65　IFSAR Pixel Register Tool 对话框

（9）如果所选配准点可用，则在 IFSAR Pixel Register Tool 对话框右下部的 Good 后出现 yes，表示配准点可用，此时单击按钮使其变为锁定状态，锁定 offset 值。IFSAR Pixel Register Tool 对话框如图 6.65 所示。

2）产生相干系数图和相位图

（1）观察发现，IFSAR Pixel Register Tool 对话框中的距离向坡度（X Slope）值为 −16.00，方位向坡度（Y Slope）值为

−8.00。这些值是配准点所处地面在 X 和 Y 方向的本地坡度值（单位：度/像元）。

（2）在 IFSAR Pixel Register Tool 对话框，单击底部的 Interfere 按钮，弹出两个视窗（图 6.66），左图为相干系数图，右图为相位图。

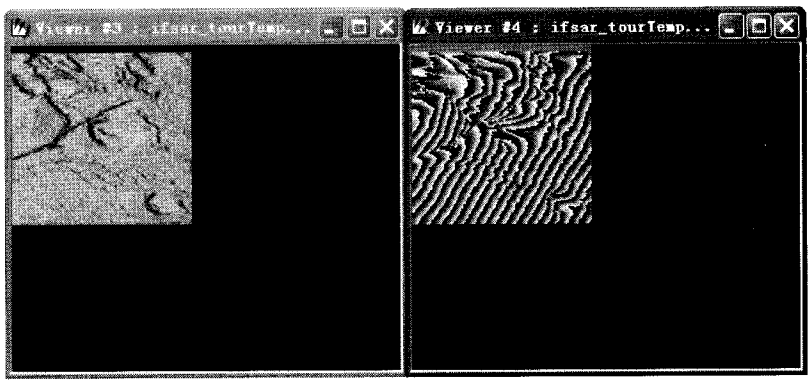


图 6.66　生成相干系数图与相位图

左侧相干系数图反映参考雷达图像与匹配雷达图像间具有较好的对应一致性，白亮部分就是对应较好的区域。右侧相位图中，干涉条纹密度反映了斜坡数量，可以看出相位函数值在相位图的中心附近相对平坦，而在图中大部分范围内变化都较为剧烈，这主要因为所选的配准点选取在一个相当陡的地面斜坡位置上。

3）改变坡度值

将配准点的 X Slope、Y Slope 设为 0 值来计算，如果使用 0 坡度值来计算相干系数图和相位图，IMAGINE IFSAR DEM 将假定基于光滑的地球椭球体。

（1）设置 IFSAR Pixel Register Tool 对话框的 X Slope 和 Y Slope 的值为 0.00。

（2）在 IFSAR Pixel Register Tool 对话框中，单击底部 Interfere 按钮，生成相干系数图和相位图（图 6.67）。

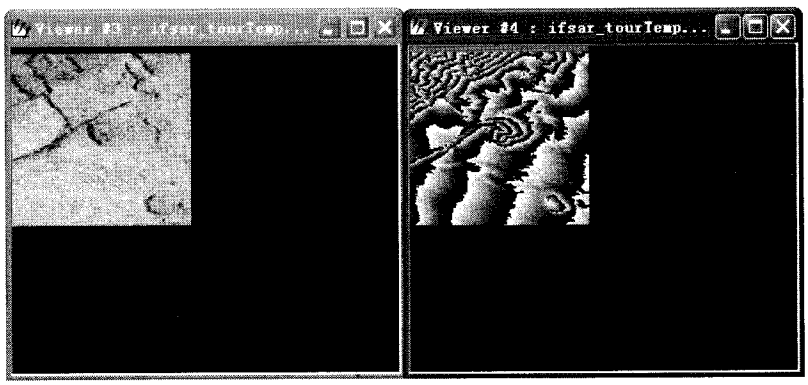


图 6.67　基于 0 坡度值所获得的相干系数图和相位图

使用0坡度值产生的相位图比前面生成的平坦了，主要表现在干涉条纹明显减少，条纹密度变小，而相干系数图基本没变，仍然是较明亮的。

4）查看指定位置的坡度值

该步骤将自动计算更新某指定点的坡度值。这个点应位于图中较平坦处，最好将这个点选在能代表整个图像地形特征的区域内，而不选在极端的高程值附近，这样可以让后面的相位解缠处理更容易进行，所得到的结果精度也更高。

（1）在IFSAR Pixel Register Tool对话框上的Reference下Sample中输入437，Line中输入1244，并按回车键确认。

（2）在显示ifsar _ ref.img的视窗中，右键选择Quick View | Fit Image To Window命令。

（3）在IFSAR Pixel Register Tool对话框中，单击Find Current Slopes按钮。

X Slope和Y Slope的值随着新的配准点位置而改变成新值：−3.20和−0.80。

（4）单击IFSAR Pixel Register Tool对话框底部的Interfere按钮，生成新的相干系数图和相位图（图6.68）。

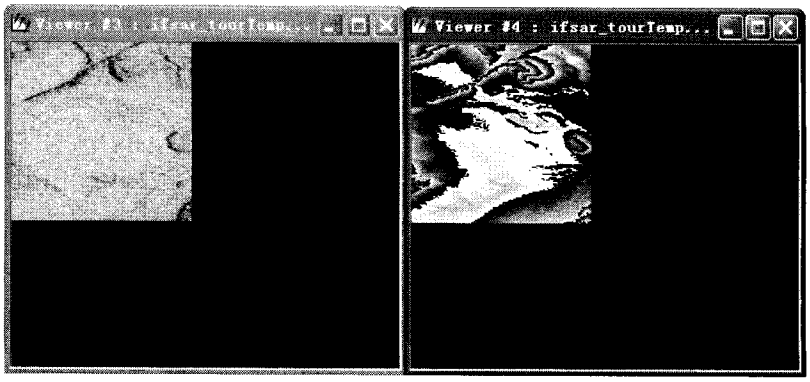


图6.68　指定位置范围生成的相干系数图和相位图

图6.68左侧相位图中部很平坦，条纹少；上部条纹较多，因为这些位置对应的是边界范围内的一个较起伏的坡地区域。

（5）在IFSAR Pixel Register Tool对话框，单击OK按钮，将获得的X Offset和Y Offset值传送到IMAGINE IFSAR DEM对话框的Register面板，并关闭此工具。

5）使用IFSAR Subpixel Register Tool工具进行次像元配准

因为次像元配准函数在距离向（X direction）有差异，必须在距离向上找两个配准点。在次像元面板中可以选择Range1或Range2以指定当前正在处理的距离向位置是哪个，为得到更优结果，距离向两个配准点位置的选择要尽可能靠近图像边缘，但两个位置选择的先后次序对结果没有影响。

在IMAGINE Register对话框中，单击Subpixel Register按钮，打开IFSAR

Subpixel Register Tool 对话框（图 6.69）。

（1）设定 Range1 点。

①在 IFSAR Subpixel Register Tool 对话框中，选中 Range1 复选框。

②在 Sample 和 Line 中分别键入 168 和 883，并按下回车键。

此时，在参考图像 ifsar _ ref.img 中出现一配准点，边界框改变位置，使配准点处于其中心位置。

③在 IFSAR Subpixel Register Tool 对话框中，单击 Find the Current Subpixel Registration Point 按钮。

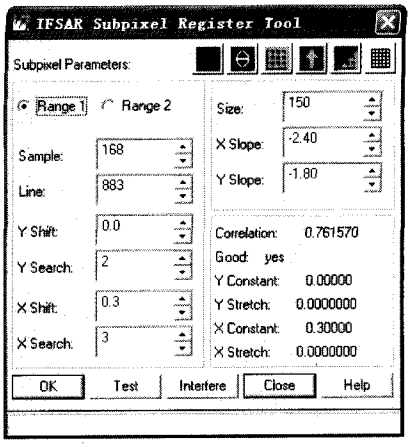


图 6.69 Range1 的 IFSAR Subpixel Register Tool 对话框

此时软件执行计算并确定位移值（Shift）。处理结束后，给出本地 X Slope 和 Y Slope 及配准点的 Correlation 值（该值越接近于 1，所选配准点越理想），并说明此点是否可用的 good 判断，此处为 yes。

④单击按钮，记录此配准点。

此时 Rang2 被自动选中，进入第二个配准点的处理阶段。

（2）设定 Range2 点。

①单击红色 Reference Point 按钮，然后在图像右手边的平坦区域上选择一个点（可以选 Sample 1075 和 Line 1506 这一点）。

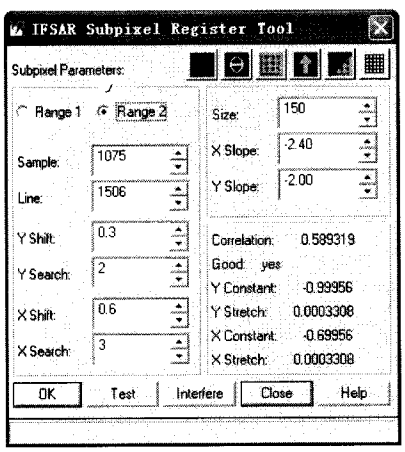


图 6.70 Range2 的 IFSAR Subpixel Register Tool 对话框

②单击 Find Subpixel Registration Piont 按钮。

此时 X Shift 和 Y Shift 更新为 0.3 和 0.6，Good 字段显示为 yes，表明获得的配准点满足要求。

③单击按钮，记录该点信息。此时的 IFSAR Subpixel Register Tool 对话框如图 6.70 所示。

此时次像元配准函数已生成，可以通过 Reference Point 图标和 Interfere 按钮在图中任意位置选点生成其场景雷达干涉图。也可以通过单击按钮，清除子像元参数，重新建立子像元配准函数。

④在 IFSAR Subpixel Register Tool 对话框中，单击 OK 按钮。

此时将 X Offset，X Stretch，Y Offset，Y Stretch 值传递给 IMAGINE IFSAR DEM 对话框的 Register 步骤面板。

⑤在 IFSAR Register 对话框中，单击 按钮，执行图像配准处理，结果如图 6.71 所示。

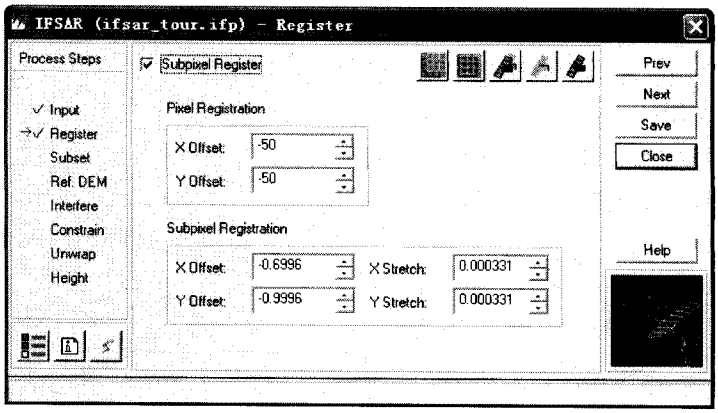


图 6.71　设置 Subpixel Register 的 IFSAR-Register 对话框

6）查看 IMAGINE IFSAR DEM Collection 信息

至此，已经顺利完成图像配准处理，可以用 IFSAR Collection Information 对话框查看配准后的雷达传感器信号接收几何状态信息。

（1）单击 IFSAR Register 对话框中的 按钮，打开 IFSAR Collection Information 对话框查看信息（图 6.72）。

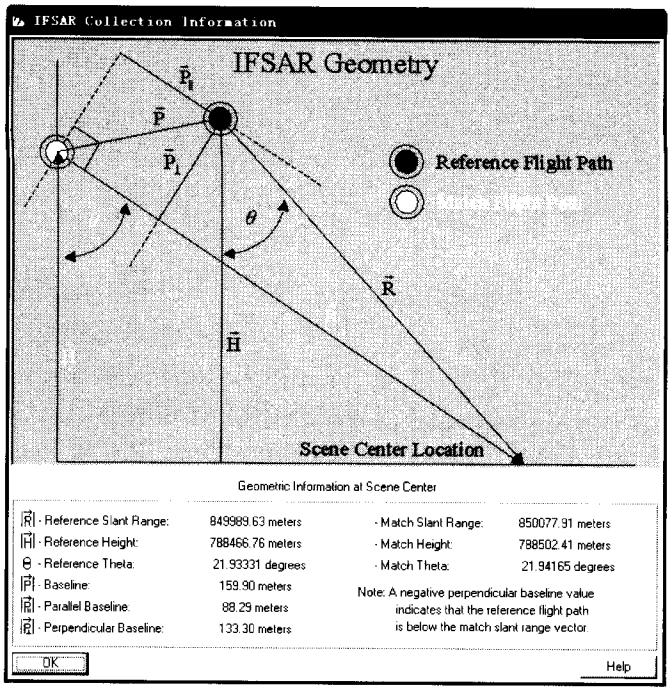


图 6.72　IFSAR Collection Information 示意图

这是传感器收发信号的几何姿态演示图，其中传感器是垂直向页面外的，图 6.72 中白色圆体为匹配图像信号收发天线位置，黑色圆体为参考雷达图像信号接收天线位置，两天线间的连接线为基线，基线的精确测算非常重要，直接影响到最终 DEM 数据的计算，基线的测算又可为水平与垂直两部分，在后面的 Height 处理步骤将介绍如何对它们进行最精确的计算与更新。

(2) 单击 OK 按钮，关闭该对话框。

7) 校正飞行轨道参数

(1) 单击 IFSAR Register 对话框上的红色轨道校正按钮，弹出 GCP Tool Reference Setup 对话框。

(2) 选择 GCP File 选项。

(3) 单击 OK 按钮，在 Reference GCC File 对话框中选择打开 ERDAS 自带的地面控制点文件 D: \Chp6\Tutor4\IFSAR_Reference.gcc。

(4) 单击 OK 按钮将其打开。

此时屏幕会显示三个视窗、IFSAR Flight Path Adjustment Tool 对话框和 GCP Tool 对话框 (图 6.73)。

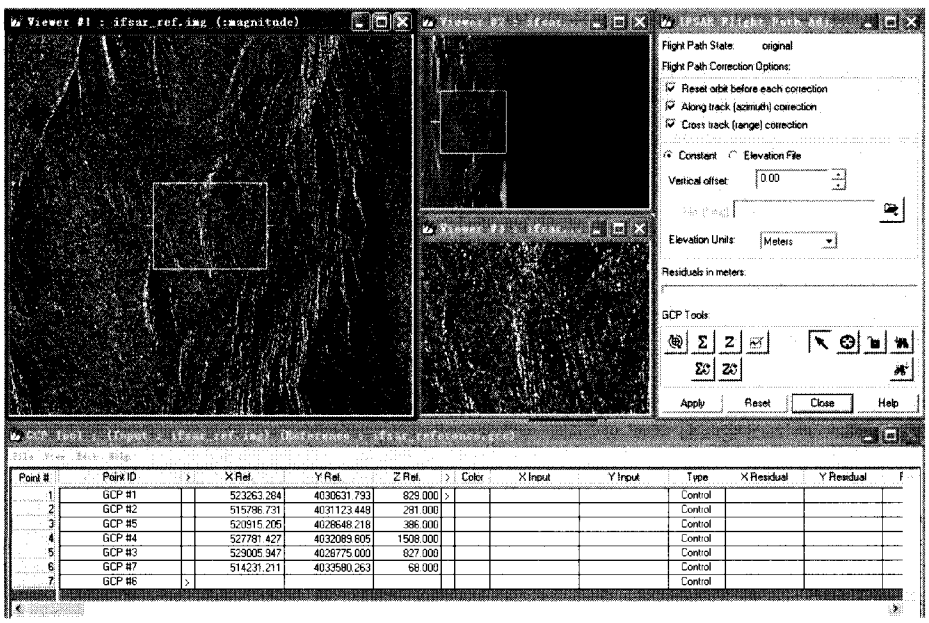


图 6.73 干涉雷达飞行轨道参数调整

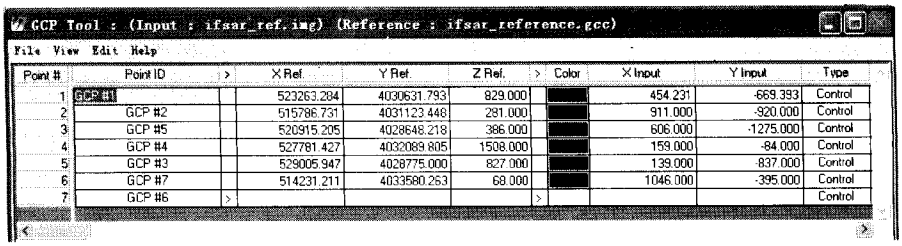
(5) 在 GCP Tool 对话框中，选择 File | Load Input 命令。

(6) 在弹出的 Input GCC File 对话框中，选择打开 D: \Chp6\Tutor4\IFSAR_Input.gcc。

(7) 单击 OK 按钮。

此时所选文件中的控制点会显示在视窗中，并且它们的坐标值也显示在 GCP Tool

内的表格中，此时 GCP Tool 对话框如图 6.74 所示。



Point #	Point ID	X Ref.	Y Ref.	Z Ref.	Color	X Input	Y Input	Type
1	GCP #1	523263.284	4030631.793	829.000		454.231	-669.393	Control
2	GCP #2	515786.731	4031123.448	281.000		911.000	-920.000	Control
3	GCP #5	520915.205	4028648.218	386.000		606.000	-1275.000	Control
4	GCP #4	527781.427	4032089.805	1508.000		159.000	-84.000	Control
5	GCP #3	529005.947	4028775.000	827.000		139.000	-837.000	Control
6	GCP #7	514231.211	4033580.263	68.000		1046.000	-395.000	Control
7	GCP #6							Control

图 6.74　导入控制点的参数值

8）图像显示调整

通常所输入 SAR 图像是单视复数图（SLC）其像元并不是正方形的，并且图像与实际地面相比可能是已被水平翻转，这使 SAR 图像上的地面控制点的选择变得更困难。本例中的实验数据是来自 ERS 雷达干涉像对的子集，图像的距离向（X or Sample）像元距离大约是方位向（Y or Line）的五倍，并且图像已被水平翻转。在使用视窗（Viewer）可以很方便地将图像调整显示为与真实地表对应的。

（1）在总览视窗右击鼠标。

（2）在弹出的快捷菜单里选 Menu Bar，此时总览视窗上部出现菜单条。

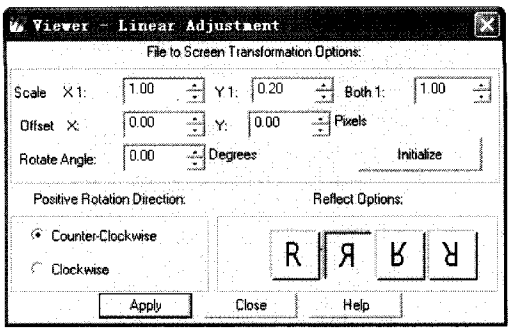


图 6.75　图像线性调整对话框

（3）选择 View | Rotate/Flip/Stretch 命令，弹出 Viewer - Linear Adjustment 对话框（图 6.75）。

（4）将 Scale Y1 修改为 0.2 并按下 Я 按钮。

此操作将 Y 方向缩小为原来的 1/5，并将图像做水平向翻转，使图像显示与真实地表一致。

（5）单击 Apply 按钮，应用设置参数。

（6）再次在总览视窗中右键取消选择菜单条，这些视窗内的菜单条消失。

（7）在总览视窗内右键选择 Fit Image To Window 命令。

（8）在另两个视窗中重复上面的（3）～（7）。此时三个视窗中所显示的图像才是与真实地表相一致的（图 6.76）。

（9）单击 IFSAR Flight Path Adjustment Tool 对话框的 Solve Geometric Model 按钮 Σ，计算地面控制点的残差。

计算结果将同时显示在 IFSAR Flight Path Adjustment Tool 对话框的 Residualsin meters 下面及 GCP Tool 窗口内的表中。

（10）单击 Apply 按钮，应用以上计算值校正轨道，并在弹出的 Attention 对话框中选择接受。

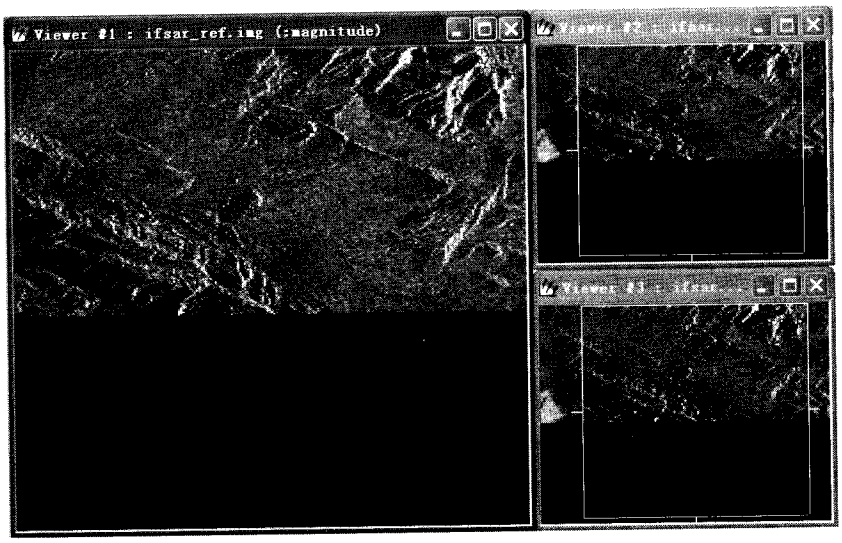


图 6.76　与真实地表相一致的雷达图像

(11) 单击 Close 按钮，关闭此对话框，回到 IFSAR Register 对话框。

点击 Prev 按钮回到前一步骤的面板中，可发现 Fligh Path 后面的说明变为 corrected，表明已经完成飞行轨道校正。

(12) 单击四次 Next 按钮，直接进入 Interfere 步骤的面板，进行干涉处理操作。

如果应用需要，也可以在 Subset 步骤中提取图像的局部来进行 DEM 生成，图像子集获取方法与前一节中的方法类似。

6.4.4　Interfere 操作

该操作步骤将产生雷达干涉图，它同时包含了干涉条纹图和相干系数图。

此操作中的 IFSAR Interfere 工具的功能在于选择地面点并计算这些点在距离向和方位向（X，Y）上的坡度值，正是这些坡度值形成干涉图，并选择复数滤波器 (complex filter)。

对于大多数的干涉测量像对来说，当默认坡度值为 0 时会比较好，这样所生成的干涉图像的相位就与 DEM 高程值相对应。在极个别情况下，选取非零坡度值来处理也会生成较易于解缠的相位图。对于这样的像对，就应该选择那些可以代表整个场景平均坡度的坡度值。而 IFSAR Interfere Tool 工具正是针对这种情况而设计的。

IFSAR Interfere Tool 也允许设置用于生成干涉图像的复数滤波器。此工具能基于输入的图像参数生成一个默认的滤波器，但也可以选择对其进行一些更改。当然大多数时候默认的过滤器都是很适用的。

1) 选择配准点

(1) 单击 IFSAR-Interfere 对话框中的 IFSAR Interfere Tool 按钮。

此时三个视窗和 IFSAR Interfere Tool 对话框将填满整个屏幕（图 6.77）。

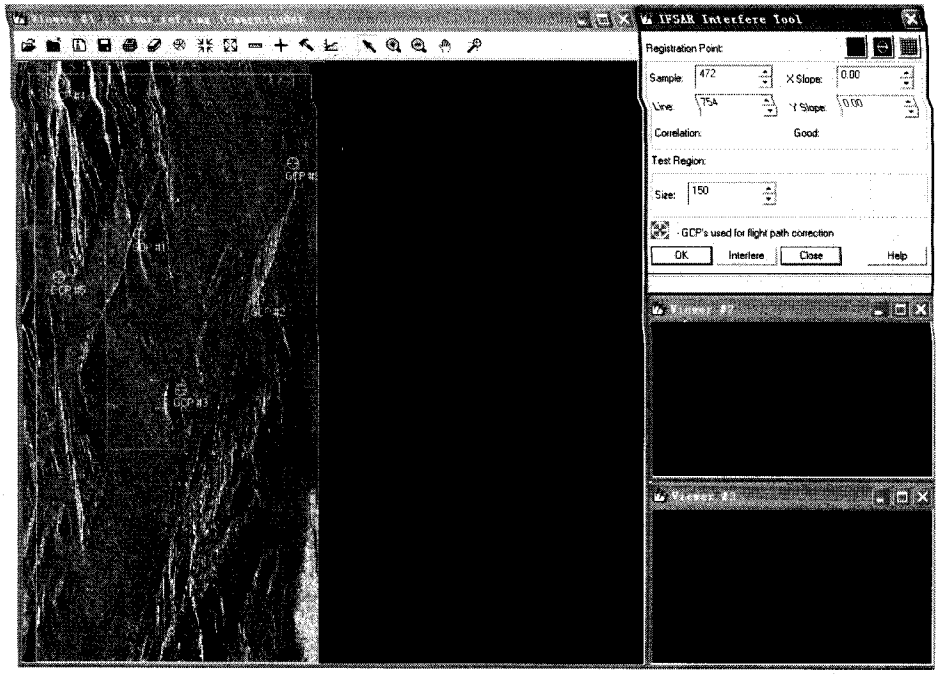


图 6.77　配准点选择

（2）用放大工具在显示 ifsar _ ref. img 的视窗中找到一个理想的配准点。

（3）单击 IFSAR Interfere Tool 对话框中的红色 Reference Point 按钮 ■。

（4）在图中单击步骤（2）中找到的理想配准点。

本例中所选点的 Sample 和 Line 值分别为 472 和 754（也可以另选一个地面点位置然后继续后面的操作）。

2）生成相干系数图（coherence image）和相位图

（1）单击 Complex Filter 按钮 ▦ 。

此时弹出显示默认值的 IFSAR Complex Filter 对话框（图 6.78），通常这些默认值是可用的，读者也可以对其进行更改以生成不同的相干系数图与相位图，也可在更改后单击 Default 按钮恢复到默认值（本实验使用的是默认值）。

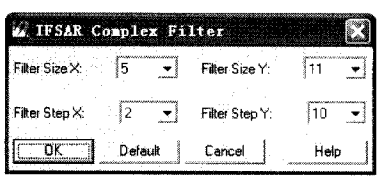


图 6.78　复数滤波器的设置

复数滤波器中的 Filter Size X 与 Filter Size Y 分别表示滤波器窗口在距离向和方位向所占像元数，Filter Step X 与 Filter Step Y 分别表示滤波器窗口在距离向和方位向移动一次将跨越的像元数，跨越像元数的多少决定了所生成相干系数图与相位图的像元数目。

（2）单击 OK 按钮，关闭该对话框。

(3) 单击 IFSAR Interfere Tool 对话框的 Interfere 按钮，生成相干系数图和相位图(图 6.79)。

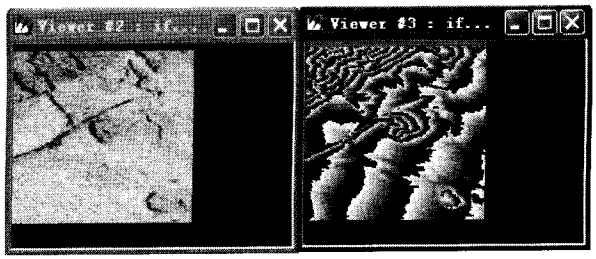


图 6.79　使用默认复数滤波器生成的相干系数图和相位图

与在像元级配准和次像元级配准中一样，相干系数图中的亮区域是匹配效果好的地区。

IFSAR Interfere Tool 对话框中的 X Slope，Y Slope 可以通过单击按钮，然后点选图像中的任一点得到，在此操作中我们使用默认的 0 值。

(4) 单击 OK 按钮，回到 Interfere 面板。

当使用局部区域坡度时每个像元都可以达到更高的相干系数，而 Interfere 面板中的 Local Slope Filter 选项的作用正是在形成雷达干涉图时对每个像元使用局部区域坡度值。而这些坡度值的最佳数据源是在已生成的解缠相位图上，所以在进行后面的相位解缠处理后，还将回到这一步进行设置。

由于设置好了 Slopes 和 Complex Filter，这里的 Local Slope Filter 一般仅在处理极端数据集时使用，大多数 IMAGINE IFSAR DEM 像对，包括本例的情况都不需要此选项。但如使用过滤器的话可以提高生成的干涉图像的质量，特别是在有极端坡度值的区域。

(5) 单击 按钮，执行生成干涉雷达图。

(6) 两次单击 Next 按钮，进入 Unwrap 步骤（图 6.80）。

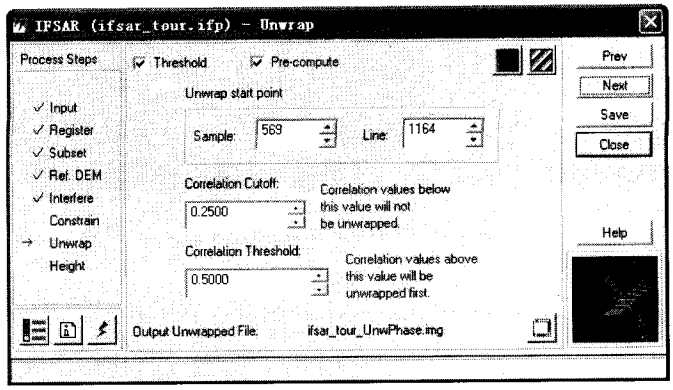


图 6.80　IFSAR-Unwrap 对话框

6.4.5 相位解缠操作

相位解缠就是将干涉相位恢复成其全相位（绝对相位，真实相位）。

在 Interfere 步骤中产生的干涉图包含的相位信息与 DEM 高程是对应成比例的，但这些相位信息看起来并不像是 DEM 数据，而更像是等高线图，这是因为数据接收时的自然特性使得产生相位缠绕重叠只在一个波长间隔范围内，而 Unwrap 操作步骤的目的就是解缠相位，使其更接近于 DEM 高程数据。

在此步骤的操作中，读者可以在相位解缠开始处使用 IFSAR Interfere Tool 工具键入具体的 Sample 和 Line 值确定一个点，此点应选在相对平坦区域并要有相对较高相干系数。

（1）单击 IFSAR Interfere Tool 按钮，自动打开三个视窗和 IFSAR Interfere Tool 对话框，并填满整个屏幕。

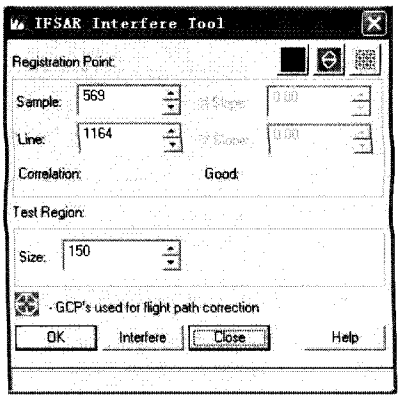


图 6.81　IFSAR Interfere Tool 对话框

（2）单击 IFSAR Interfere Tool 对话框（图 6.81）上红色的 Reference Point 按钮。

（3）在雷达图像中平坦区单击选择一个点（本例选择点位置的 Sample 值为 420，Line 值为 1588）。

（4）单击 IFSAR Interfere Tool 对话框底部的 Interfere 按钮。

此时在两个视窗中分别生成对应的相位图与相干系数图（图 6.82）。所得到的整幅相干系数图中几乎都是亮白区域，相位图的条纹少，比较平坦，说明所选的点比较理想。

（5）单击 IFSAR Interfere Tool 对话框中的

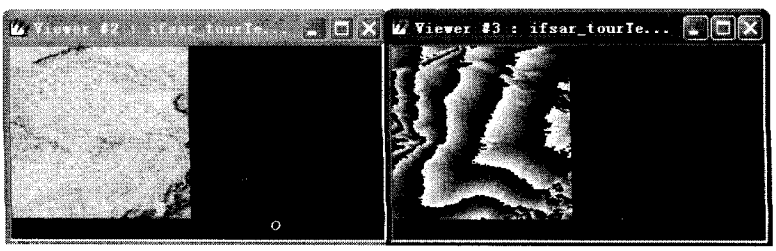


图 6.82　指定位置后获得的相干系数图与相位图

OK 按钮，将所选点的 Sample 和 Line 值传回 IMAGINE IFSAR DEM 对话框的 Unwrap 面板中。

（6）单击 Unwrap Parameters 按钮，生成相位解缠参数。

此时 IMAGINE IFSAR DEM 对话框的 Unwrap 面板中的 Correlation Cutoff 和 Correlation Threshold 中的值被新值代替。

这两个参数是相位解缠函数进行处理时非常关键的两个参数，相干系数值小于Correlation Cutoff的像元将不进行相位解缠，其相位值用周围点的相位值内插得到，而另一个参数Correlation Threshold的作用是，像元相干系数值大于它的像元将优先进行相位解缠。这两个参数值是经过对干涉图对应的相干系数图进行全局统计得到的，读者也可以手动输入。

(7) 单击 按钮，进行解缠，生成相位解缠图像（解缠完成后，单击Pre按钮回到Interfere步骤面板，选中Local Slope Filter选项）。

6.4.6 高程生成操作

此操作用来生成DEM数据。在此过程中可以设定输出DEM的参数，如果在Register步骤中未对卫星飞行轨道进行调整，可在该处进行重新设置。

基线是在获取IMAGINE IFSAR DEM像对时，对两传感器飞行轨道之间的距离的计算值，在获取高程值时像对基线的计算是非常重要的。基线又被分成水平和垂直两部分。为获得有准确绝对高程值的DEM数据，基线的计算必须非常精确。而最重要是垂直基线，此值必须精确到10cm以内才能获得可靠的高程值。可以到ERS的基线数据网站上获得基线值，上面提供了所有ERS IFSAR像对基线的垂直与水平部分计算值。当然也可以根据地面控制点计算出精确的基线值，在本操作步骤的IFSAR Baseline Adjustment对话框中可自动计算或直接输入水平与垂直基线值。

1) 查看选择DEM参数

(1) 单击IMAGINE IFSAR DEM对话框中的Next按钮，进入Height步骤(图6.83)。

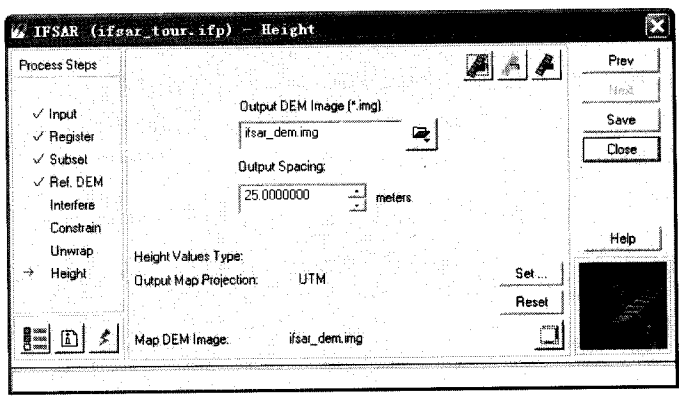


图6.83 IFSAR-Height对话框

(2) 设置生成DEM的文件名（Output DEM Image）为D:\Chp6\Tutor4\ifsar_dem.img。

(3) 单击Height面板中的Set按钮，弹出IFSAR Output Map Information对话

框，查看输出 DEM 的投影信息，可以单击 Add / Change Map Projection 按钮更改投影参数。本例中用默认的 UTM 投影。

（4）在 IFSAR Output Map Information 对话框中，单击 Cancel 按钮，将其关闭。

（5）单击 Height 面板上的绿色基线校正按钮，打开 IFSAR Baseline Adjustment 对话框。

此时 IFSAR Baseline Adjustment 对话框和解缠相位图同时弹出（图 6.84）。

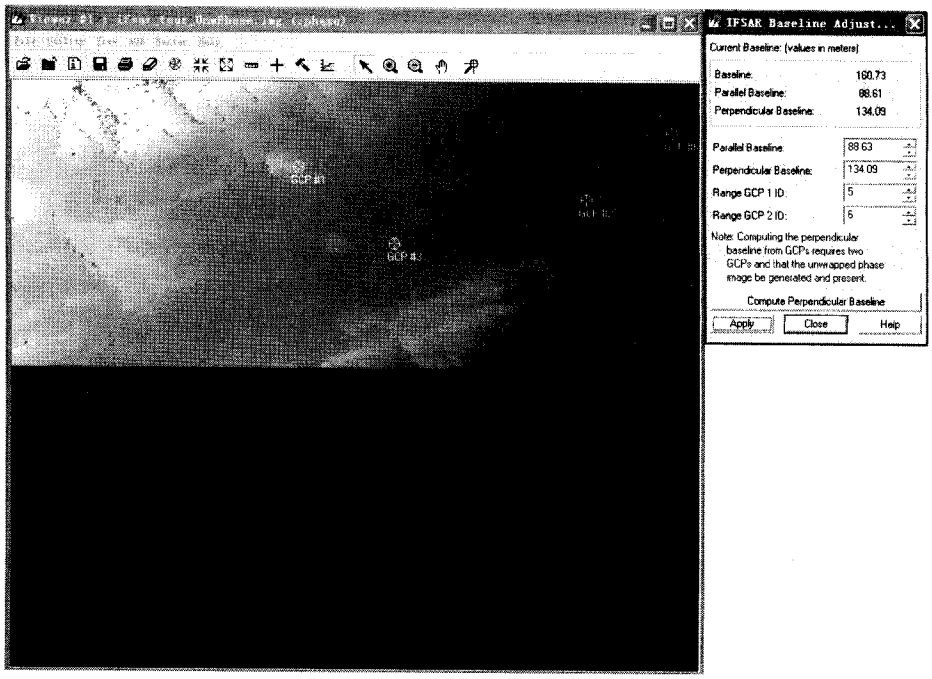


图 6.84　IFSAR 图像基线调整

可以选择直接输入从其他地方获得的垂直基线值与水平基线值到 IFSAR Baseline Adjustment 对话框中的 Perpendicular Baseline 和 Parallel Baseline，然后点击 Apply 按钮应用。如能找到两个理想的地面控制点，也可以选择从控制点计算来获得。在选择计算基线的控制点时，所选两点间的 X 向距离要尽可能地远，且要选在相位解缠图中较平坦的区域。

（6）在 Range GCP 1 ID 和 Range GCP 2 ID 中分别输入 5 和 6，表示选择第 5 个控制点和第 6 个控制点作为计算基线的控制点，从相位解缠图中可以看出这两控制点相距最远。

（7）单击 IFSAR Baseline Adjustment 对话框上的 Compute Perpendicular Baseline 按钮，基于选择的控制点执行新的基线值计算，注意计算后 Perpendicular Baseline 的值由 133.13 变为 134.09。

（8）单击 Apply 按钮，记录新的垂直基线值（Perpendicular Baseline）并计算新的轨道间基线值（Baseline）。

（9）单击 Close 按钮，关闭 IFSAR Baseline Adjustment 对话框。

(10) 在 Height 面板的左下角单击按钮，执行 DEM 生成命令。

2) 查看 GCP Report

IMAGINE IFSAR DEM 模块至少需要一个好的地面控制点来计算绝对程值。因为高度信息是从像对的相位信息中获取的，从相位信息值中只能获得一些相对相位值，需要使用地面控制点进行校准后才能将相对相位信息转换成绝对相位信息值。在生成 DEM 数据前，IMAGINE IFSAR DEM 处理器会自动分析确定一个最合适的地面控制点来进行相位校准。这时 Height 面板中的 Height Value Type 字段会标记 absolute 表示获得绝对值。此时生成的 DEM 的值是地面的真实高程反映。如果未找到一个可用的地面控制点，则 Height Value Type 字段标记为 relative，表明获得的只是一些相对值。

(1) 在 ERDAS 主菜单，选择 Session | Session Log 命令。

(2) 拖动右侧滚动条找到 GCP analysis for height calculation（图 6.85）。

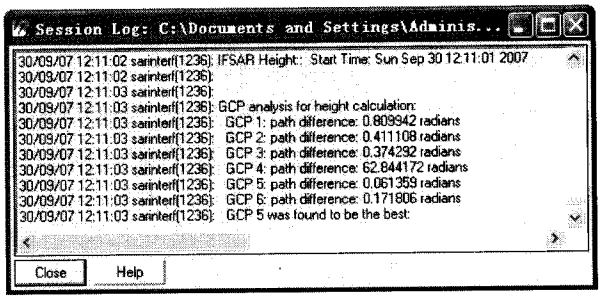


图 6.85 查看控制点报告结果

可以看到有六个地面控制点用来校正参考图像与匹配图像的飞行轨道，其中第五个控制点是最准确的，所以在计算绝对高程值之前，IMAGINE IFSAR DEM 模型会自动使用这个点来校准相位解缠图，使其相对相位值转换成绝对相位值。

(3) 单击 Close 按钮，关闭 Session Log 对话框。

(4) 单击 IMAGINE IFSAR DEM 对话框 Height 面板上的 Save 按钮，保存此工程及生成的 DEM。

(5) 单击右上角蓝色 Reset Flight Path 按钮，此操作的作用是重新设置参考图像和匹配图像的飞行轨道以及基线值，以使雷达卫星轨道参数原始值保持不变。

(6) 在弹出的警告信息上选择 Yes 接受。

此时 Height 面板上的 Height Value Type 后标记值已是 absolute（图 6.86）。

3) 对比检查生成的 DEM

(1) 单击 Height 面板右下角的按钮，打开 DEM 文件 D:\Chp6\Tutor4\ifsar_dem.img。

(2) 选择 File | Open | Raster Layer 命令，打开 D:\Chp6\Tutor4\IFSAR_USGS_DEM.img。

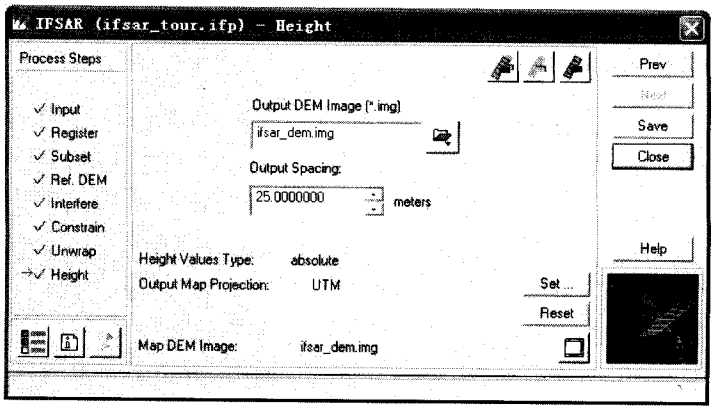


图 6.86　创建 DEM 后的 IFSAR 对话框

注意在 Select Layer To Add 对话框的 Raster Options 选项卡中取消对 Clear Display 复选框的选择，并选中 Fit to Frame 复选框。

（3）选择 Utility | Swipe 命令，打开 Viewer Swipe 工具窗口。

使用此工具中的滑块来检查两图像的一致情况，尽管 IFSAR _ USGS _ DEM. img 范围比 ifsar _ dem. img 要大一些，但它们非常一致。

（4）在 Viewer Swipe 工具窗口，单击 Cancel 按钮，关闭 Viewer Swipe。

（5）选择 File | Close 命令，关闭视窗。

（6）在 IMAGINE IFSAR DEM 对话框，单击 Close 按钮，关闭 IMAGINE IFSAR DEM 工程 ifsar _ tour. ifp，并退出 IMAGINE IFSAR DEM 模块。

以后可随时查看使用工作空间目录内的 DEM 和 IMAGINE IFSAR DEM 工程 ifsar _ tour. ifp。

第七章　空间分析

空间分析是从空间数据中获取有关地理对象的空间位置、分布、形成和演变等信息的分析技术，是地理信息系统的核心功能之一，它特有的对地理信息的提取、表达和传输的功能，是地理信息系统区别于其他一般信息管理系统的主要功能特征。本章主要介绍ERDAS IMAGINE 9.1的地形分析方法及常用的GIS空间分析功能，包括基本地形参数的提取、邻域分析、叠加分析、统计分析、重编码等内容。此外，本章还介绍了ERDAS IMAGINE 9.1用于遥感数字图像分析解译过程中的一些实用工具，包括图像掩膜、子集提取、投影变换、数值调整等内容。

7.1　地形分析

地形分析的主要任务是提取反映地形的特征要素，找出地形的空间分布特征。地形分析的各项操作主要以栅格DEM为基础，提取反映地形的各个因子：坡度、坡向、高程分带、地形校正等。地形分析所用的DEM数据为GRID格式的DEM，见随书光盘…\Chp7\Tutor\dem，计算结果见随书光盘…\Chp7\Tutor\Result中，以便读者参照。

7.1.1　坡度

坡度是用来表述局部地表坡面在空间的倾斜程度。坡度的大小直接影响着地表物质的流动与能量转换的规模与强度，是制约生产力空间布局的重要因子。科学地确定坡度具有重要意义。

ERDAS IMAGINE 9.1中坡度计算借助Surface Slope工具完成，所计算出的坡度可以是百分比或是度数，输入的栅格数据必须具有地理参考，并且要确保高程数据的单位与投影类型的单位保持一致（米或者英尺）。在缺少高程单位的地方将计算不出坡度值。计算结果的地理参考可以是本地图的坐标系统，也可以是指定文件的坐标系统，分别与工具中的map和file坐标对应。计算范围由指定的两个角点坐标限定。

图7.1显示的是3×3网格的坡度计算方法。

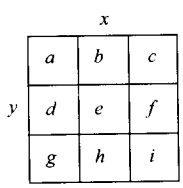


图7.1　3×3网格计算方法

对于每一个像元（x，y），x、y方向的变化可以用式(7.1)～式(7.3)表达。

$$\Delta x_1 = c - a \quad \Delta y_1 = a - g \tag{7.1}$$

$$\Delta x_2 = f - d \quad \Delta y_2 = b - h \tag{7.2}$$

$$\Delta x_3 = i - g \quad \Delta y_3 = c - i \tag{7.3}$$

这里 a 到 i 是每个像元的值，x，y 两个方向的变化为

$$\Delta x = \frac{(\Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3)}{3s_x}$$

$$\Delta y = \frac{(\Delta y_1 + \Delta y_2 + \Delta y_3)}{3s_y} \tag{7.4}$$

其中，S_x 为 x 方向像元大小，S_y 为 y 方向像元大小。

接下来的一步是计算 z 方向的差值：

$$\Delta z = \frac{\sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}}{2} \tag{7.5}$$

最终坡度为

$$\tan^{-1}(\Delta z) \times \frac{180}{\pi} \tag{7.6}$$

ERDAS IMAGINE 9.1 中坡度计算的具体操作步骤如下：

（1）在 ERDAS IMAGINE 主窗口中，选择 Interpreter 图标 | Topographic Analysis | Slope 命令，打开 Surface Slope 对话框（图 7.2）。

（2）选择输入 DEM 文件（Input DEM File）为随书光盘… \ Chp7 \ Tutor \ dem，选择输出文件（Output File）为 slope.img。

（3）点击 OK 按钮，依据设置计算输入 DEM 数据的坡度。

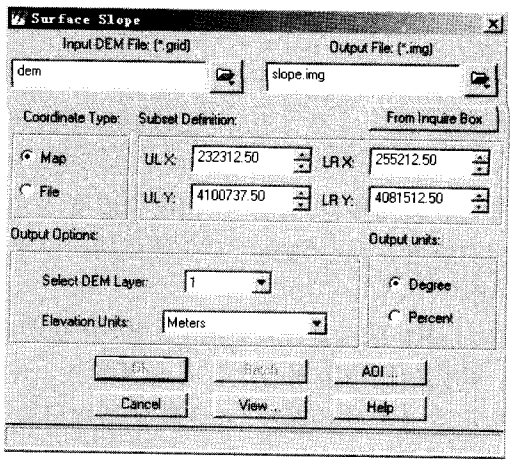


图 7.2　Surface Slope 对话框

本实验统一采用 Map 坐标，输入图层选择 1，单位为米，输出结果单位为角度。

7.1.2　坡向

反映坡面姿态的另一个重要因子是坡向，它反映的是局部地表坡面在三维空间的朝向，是指地表法线在水平面投影与某一基准方向的夹角，这个基准方向可以是人为的规定，也可以是某一默认的方向，一般默认为正北方向，取逆时针方向为正值。因此，决

定坡向有两个因素，即坡面法线和基准方向，坡面法向量在水平面内的投影与基准方向的逆时针夹角才构成坡向。

坡向的计算同坡度大体一样，只不过坡向是通过 x，y 两个方向变化的商的反正切值表示的。

$$\text{aspect} = \tan^{-1}\left(\frac{\Delta x}{\Delta y}\right) \tag{7.7}$$

ERDAS IMAGINE 9.1 中计算坡向使用 Surface Aspect 命令，所计算出的坡向是指坡面法线在水平面投影与正北方向的逆时针夹角，具体的步骤如下。

在 ERDAS IMAGINE 主窗口中，选择 Interpreter 图标 | Topographic Analysis | Aspect 命令，打开 Surface Aspect 对话框，如图 7.3 所示进行设置，点击 OK 按钮，计算坡向。

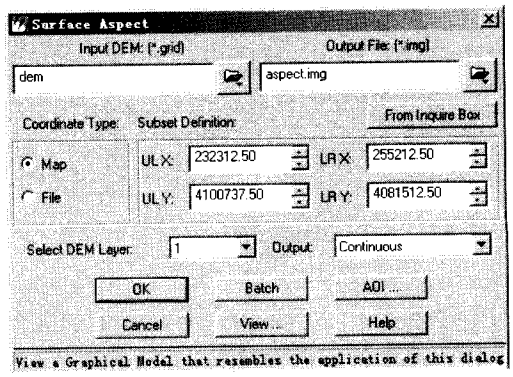


图 7.3　Surface Aspect 对话框及其设置

Output 属性选择 Continuous（连续灰度图像）。

7.1.3　高程分带

ERDAS IMAGINE 9.1 中的 Level Slice 工具可实现对 DEM 数据的高程分带，它的灰度值来代表高程值，因此，Level Slice 还可以对其他的影像数据依据灰度值进行分带处理，将指定的栅格数据划分到指定数目的带中，保证每个带中的数值相等。这是一个很有用的工具，它可用于数据的分级处理，特别是对栅格数据的重分类等操作。高程分带的原理如下：

依据指定的阶数和其中最小的灰度值，计算出每个阶里面的灰度分布以及分带以后的灰度值。

（1）计算高程分带值的公式：

$$\text{DN}_{\text{out}} = \frac{\text{DN}_{\text{in}} - \min}{x} \tag{7.8}$$

其中，DN_{in}为输入图像；min 为最小的灰度值；x 为阶数。

（2）计算每一个阶里面的灰度范围：

$$x = \frac{\max - \min}{\text{number of bins}} \tag{7.9}$$

在 ERDAS IMAGINE 主窗口中，选择 Interpreter 图标 | Topographic Analysis | Level Slice 命令，打开 Topographic Level Slice 对话框，如图 7.4 所示进行设置。点击 OK 按钮，计算高程分带。

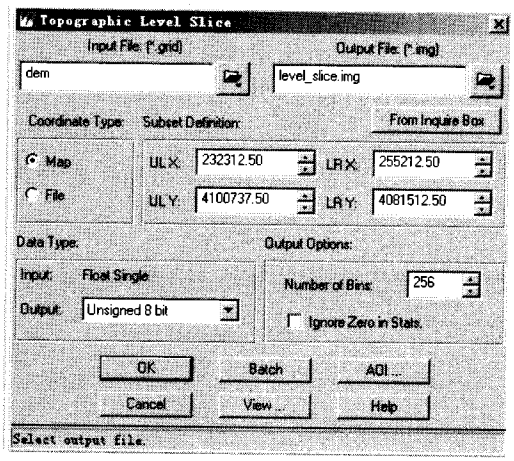


图 7.4　Topographic Level Slice 对话框

由于这是一种硬性分割图像的方式，它将一个高程带的数据对其进行统一的编码，结果可能造成信息量的减少。分别针对图像进行 10 阶和 256 阶编码，得到的数据分别为 level _ slice10. img 和 level _ slice256. img，通过比较可以看出，阶数越少，信息合并的越多。

7.1.4　地形阴影

地表阴影是根据假想照明光源对地表的每个单元计算照明值，照射到的地方是可见的，未能照射的地方不可见，于是产生了地表阴影。地形阴影是太阳光照射地表的阴影，涉及两个因素：太阳高度角和太阳方位角。某点的太阳高度角是指该点太阳光线与水平面之间的夹角。太阳方位角是指太阳光线在水平面内投影与当地子午线的夹角（由正北方向起顺时针计算）。例如，阳光从一座高山的西北方向照射，只有山的东南部分是阴影的（图 7.5）。

地形阴影工具是图像处理中很重要的工具之一，也可以用于分析。例如，分析冰雪融化模拟，通过一系列的地形阴影来模拟太阳光照射地表的运动情况，据此就可以计算出每个像素单元冰雪融化的速率，建立冰雪融化和时间、光照的关系，进而模拟雪的融化。

在 ERDAS IMAGINE 主窗口中，打开 Interpreter 图标 | Topographic Analysis | Shaded Relief 命令，打开 Shaded Relief 对话框，如图 7.6 所示进行设置。

DEM scale 用于设置拉伸高程值的倍数。以下为分别设置 1.0，3.0 得到的 DEM

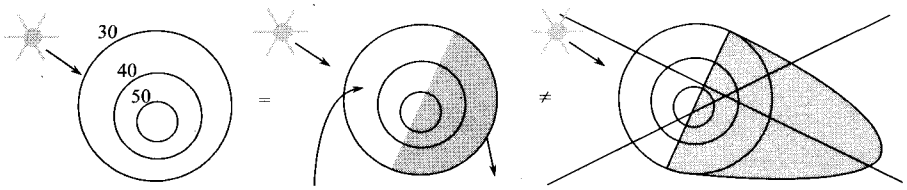


图 7.5　地形阴影示例

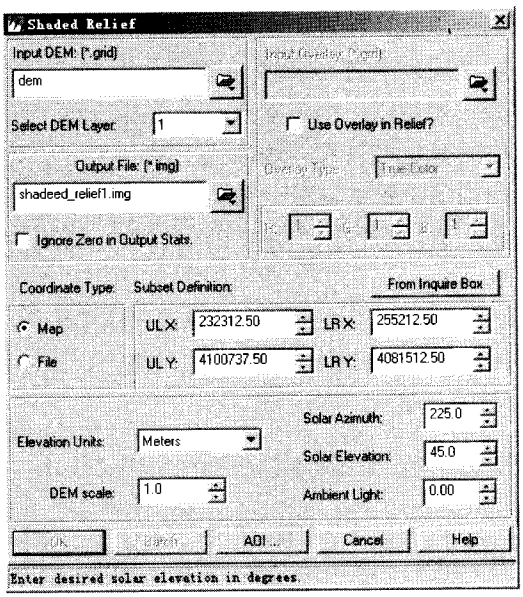


图 7.6　Shaded Relief 对话框

(图 7.7)。由图中的对比可以看出，对高程值的放大可以突出地形特征。

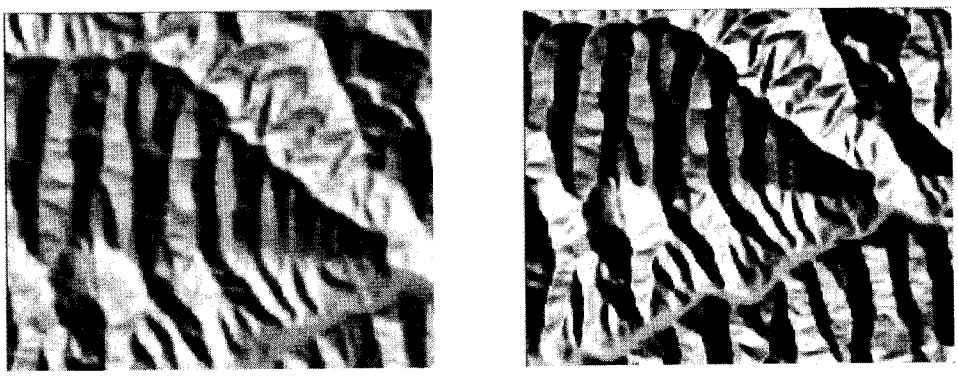


图 7.7　DEM scale 为 1（左）和 scale 为 3（右）的 DEM

7.1.5 地形渲染图

获知了一个地理区域的拓扑关系和太阳的具体位置，就可以绘制出该区域内某一场景之上，直接反射到地面点的光束图。Painted Relief 工具提供绘制这种图的功能，使用户可以更加直观地在彩色图上观察地貌，因为人眼对于彩色的辨别力比灰度的要高得多。

Painted Relief 图通过把一幅 DEM 分割为 25 个等间距的级别，为每个级别赋予一个色带，因此，如果我们使用默认设置，则对于我们的数据而言，0～119ft[①] 的将显示为暗蓝色，依次类推。这些颜色来自 USGS 的颜色查找表。

这里的光照反射模型主要是以一个矢量点与一个环境滤光因子的乘积。对于每一个像素，高程在 X，Y 方向的变化可以通过该像元上的一个 3×3 的窗口计算得出，这两个值用于计算该点附近曲面的单位法向量，单位法向量和光线向量的乘积结果在 -1～1 之间，值小于 0 的被赋予 0 值，那些原本是 0 的值代表光照反射为 0，值大于 0 的表示光照反射值。

在 ERDAS IMAGINE 主窗口中，选择 Image Interpreter 图标 | Topographic Analysis | Painted Relief 命令，打开 Painted Relief 对话框，设置如图 7.8 所示。点击 OK 按钮，执行 Painted Relief 处理。

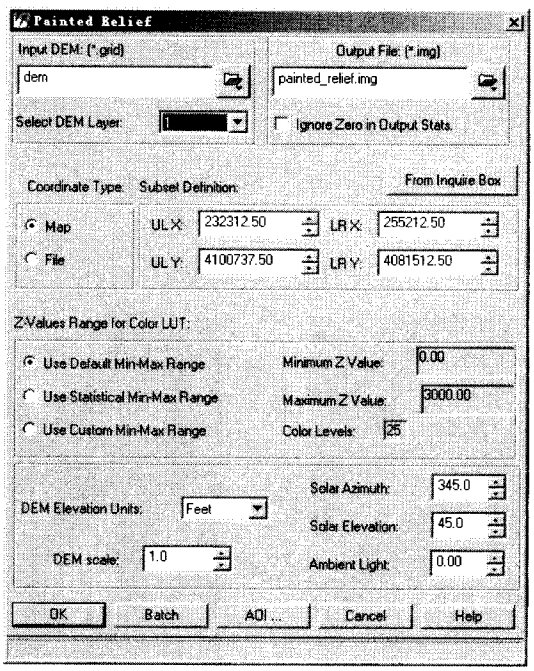


图 7.8 Painted Relief 对话框及其参数设置

① $1ft=3.048\times10^{-1}m$

7.1.6 地形校正

地形校正借助 Lambertian 反射模型消除地形对遥感影像的影响，由于与地面高程、太阳高度角、方位角相关的地形坡度、坡向受地形的影响，遥感图像会有部分畸变。依据这个原理，可以借助 DEM 数据以及太阳高度角、方位角对遥感影像进行校正处理，消除部分地形影响。地形校正计算要求 DEM 图像必须具有投影坐标。至于遥感影像的太阳高度角和方位角，一般包含于影像的头文件中，可以从遥感影像的供应商那里获取。

地形校正模型使用如下算法：

$$BV_{normal\lambda} = \frac{BV_{observed\lambda}\cos e}{k(\cos i)(\cos e)} \tag{7.10}$$

其中，$BV_{normal\lambda}$为校正以后的亮度值；$BV_{observed\lambda}$为观测到的亮度值；$\cos i$ 是入射角的余弦值；$\cos e$ 是坡度的余弦值。经验值 k 在没有给定情形下值为 1.0，此时的模型为 Lambertian 模型。

（1）在 ERDAS IMAGINE 主窗口中，选择 Interpreter 图标 | Topographic Analysis | Topographic Normalize 命令，打开 Lambertian Reflection Model 对话框。

（2）点击输入影像文件（Input File）按钮，选择输入文件为：C：\Program Files\Leica Geosystems\Geospatial Imaging 9.1\examples\eldoatm.img。

（3）点击输入 DEM 文件（Input DEM File）按钮，选择输入文件为：C：\Program Files\Leica Geosystems\Geospatial Imaging 9.1\examples\eldoadem.img。

其他参数见图 7.9 所示进行设置。点击 OK 按钮，进行图像地形校正计算。

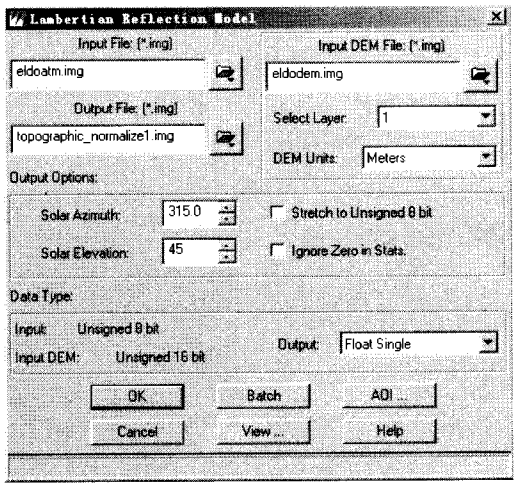


图 7.9 Lambertian Reflection Model 对话框及其设置

图 7.10 左右两幅分别是地形校正前后的遥感影像。

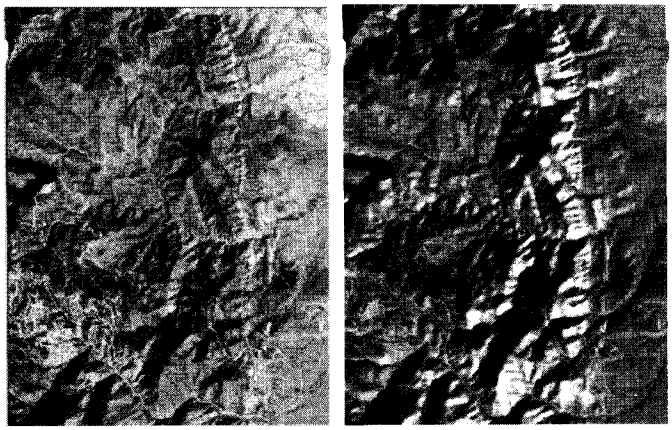


图 7.10　地形校正前（左）、后（右）的 eldoatm. img 影像

7.1.7　等高线生成

等高线是高程相等点的连线，是地形表达最为常见的形式，能较科学的反映地面高程、山体、坡度、坡形山脉等基本的地貌形态及其变化。从 DEM 上提取等高线一直是计算机辅助制图的基本任务之一，也是 DEM 最为重要的应用之一。从 DEM 提取等高线的步骤如下：

（1）内插等高点。

（2）追踪等高线。

（3）注记等高线。

（4）光滑等高线。

依据给定的高程最大值、最小值，线性内插出给定数目的等高线。

在 ERDAS IMAGINE 主窗口中，选择 Interpreter 图标 | Topographic Analysis | Raster Contour 命令，打开 Raster Contour 对话框。如图 7.11 所示进行设置，其中 Contour Interval 为等高线间距，这里为 50。点击 OK 按钮，生成栅格等高线数据，见图 7.12，该数据由渐变彩色渲染而成。

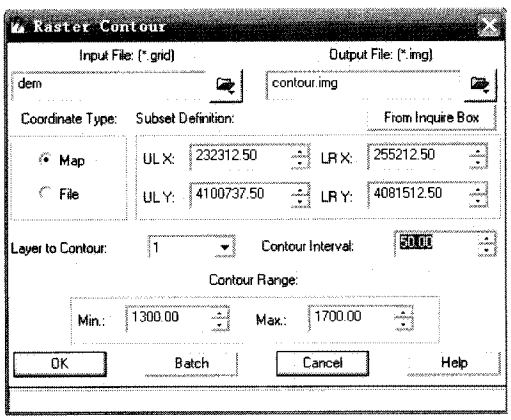


图 7.11　Raster Contour 对话框及其设置



图 7.12　生成的等高线

7.1.8 可视域分析

可视域是一个能充分反映特定特征的可视面（Visibility Surface），通过对可视面的进一步分析，不仅可以获得点与点之间的通视情况，还可以获得区域的各种地形特征。目前随着 GIS 空间分析技术的发展，地形可视性分析已不再局限于传统意义上的两点通视性分析或者某一视点的可视范围，可视域分析有更广的范围。

可视性分析作为重要的 GIS 空间分析，它包括两个基本因子：一个是两点间的通视性（Intervisibility），另一个是可视域（Viewshed），即对于给定的观察点所覆盖的区域。

对于规则格网 DEM，计算可视域的一种简单方法就是沿着视线的方向，从视点开始到目标格网点，计算与视线相交的格网单元（边或面），判断相交的格网单元是否可视，从而确定视点与目标点之间是否可视（图 7.13）。

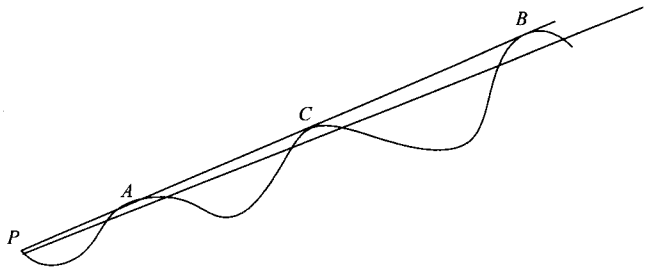


图 7.13　可视域分析示例图

在 ERDAS IMAGINE 主窗口中，选择 Interpreter 图标 | Topographic Analysis | Viewshed 命令，打开 Viewshed #1 linked to Viewer #1 对话框，如图 7.14 所示。设置输出文件为 viewshed。

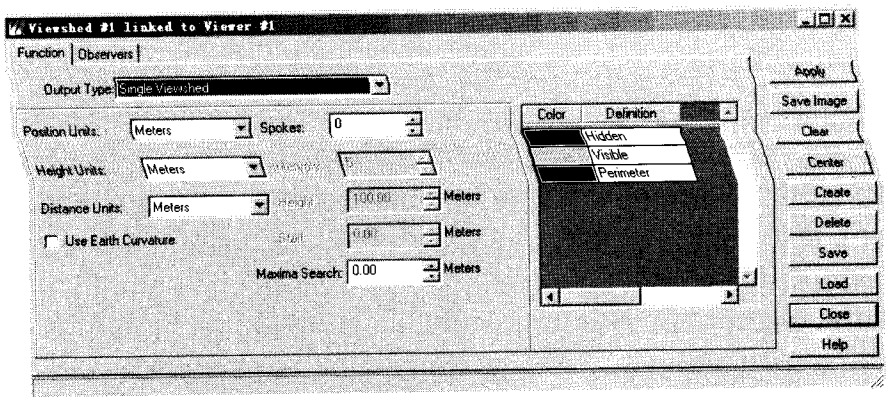


图 7.14　可视域分析对话框

（1）选择 Function 选项卡，设置可视域分析的类型，位置、高程、探测范围的单位。设置探测的最大范围，设置该范围内可视、隐藏、边界线的颜色。设置如图 7.14

所示。

（2）选择 Observers 选项卡，分别设置观测者的 X，Y 位置，海拔高度（ASL）、相对地面高度（AGL），搜索范围（Range），方位角（Azimuth）、离地表面的高度等参数，这里都采用默认值。

（3）点击 Apply 按钮，即可在窗口中看见设定的最大探测范围内可视域情况，见图 7.15。

（4）点击 Save 按钮，即可把可视域的范围输出为 Dat 文件。



图 7.15　可视域分析结果

在结果中蓝色（暗色）部分是不可见的范围，红色（亮色）为边线的范围，该范围内的其他区域为可视范围。

7.1.9　DEM 高程单位转换

DEM 高程单位转换工具允许用户通过一定的函数方式，将 DEM 记录的高程值从一种单位变换到另一种单位。例如，用户拥有以 feet 为高程单位的数据，但需要的是 meters 为高程单位的数据，这时就可以借助 DEM 高程转换工具对进行一定的转换以满足要求。这里的 DEM 高程是通过亮度值（即 DN 值）来实现的，也就是说，DEM 高程转换实际上转换的是亮度值。因此，除了可以转换高程数据以外，同样可以对其他遥感数据进行处理。

在 ERDAS IMAGINE 主窗口中，选择 Image Interpreter 图标 | Topographic Analysis | DEM Height Converter 命令，打开 DEM Height Converter 对话框，如图 7.16所示进行设置。点击 OK 按钮，执行 DEM 数据单位转换运算。

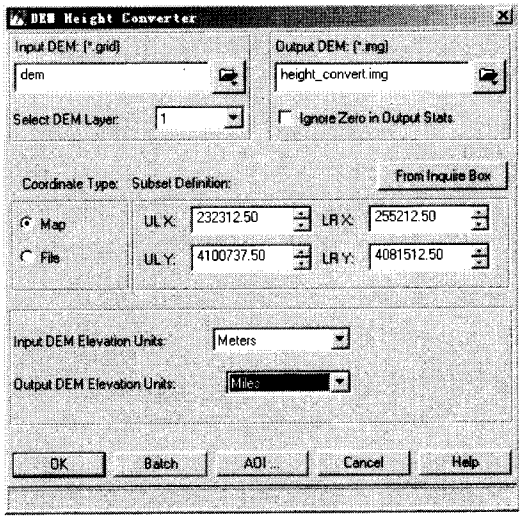


图 7.16　DEM Height Converter 对话框及其设置

7.1.10　浮雕生成工具

在三维场景中，观察和解译图像的细节往往显得更加容易。例如，山顶点、山谷点相对于它们周围的高程的差异。浮雕生成工具可以借助 DEM 和遥感影像数据轻松的输出一幅简单的彩色浮雕模拟图。浮雕图通过拉伸（变换）某一波段的图像生成。

在 ERDAS IMAGINE 主窗口中，选择 Image Interpreter 图标 | Topographic Analysis | Anaglyph 命令，打开 Anaglyph Generation 对话框，如图 7.17 所示进行设置。单击 OK 按钮，完成处理。

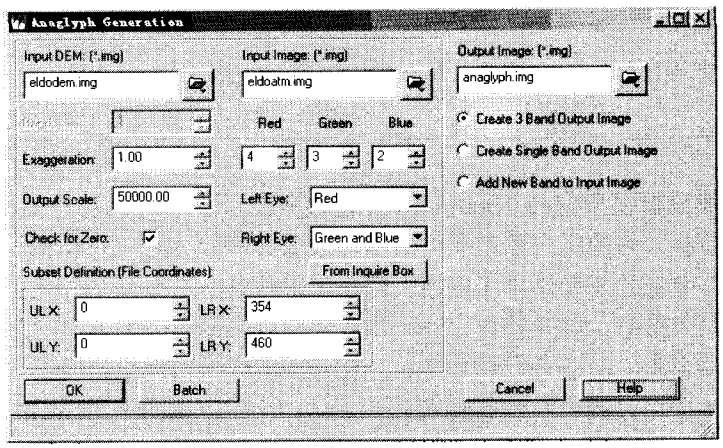


图 7.17　Anaglyph Generation 对话框及其设置

7.2 GIS 分析

GIS 分析是指从空间数据中提取有关地理对象的空间位置、分布、形态、形成和演变等信息的分析技术，是地理信息系统的核心技术之一。ERDAS IMAGINE 9.1 中 GIS 数据的处理功能强大，拥有对各种格式遥感数据的分析与处理能力。如 GIS 空间分析中的叠置分析、邻域分析与统计、数据的查找、分类等功能。除部分数据外，该节所使用的数据均来自 Erdas 软件自带的 Example 练习数据。

7.2.1 邻域分析

邻域模型同图像处理中的中值滤波模型类似，它们的差别是：邻域分析模型对于专题栅格影像的实用性强。邻域分析针对分类专题图像，采用类似于卷积滤波的方式对图像分类值进行各种分析计算，赋予每个像元的值依赖于它周围一定范围邻域内像元的值，经某种分析计算以后决定。系统提供的邻域范围包括 3×3，5×5，7×7 三种。也可根据需要，制定适合自己需求的邻域窗口。系统提供 8 种分析函数，用于计算给每个像元所赋的值，如表 7.1 所示。

表 7.1 邻域分析函数列表

函数名	功能
Sum	邻域像元值求和
Diversity	邻域范围内不同值的像元数
Density	邻域范围内相同值的像元数
Majority	邻域范围内出现最多的像元值
Minority	邻域范围内出现最少的像元值
Max	邻域范围内像元的最大值
Min	邻域范围内像元的最小值
Rank	邻域范围内像元值排序以后的中值

例如，邻域分析模型中的 Maxmium 功能的算法如下：

(1) 对移动窗口内的所有像素灰度值施行数值排序。

(2) 将中心像元的灰度用排序后最大的灰度值代替。

在 ERDAS IMAGINE 主窗口中，选择 Interpreter 图标 | GIS Analysis | Neighborhood Functions 命令，打开 Neighborhood Functions 对话框，如图 7.18 所示进行设置。点击 OK 按钮，进行邻域分析。

在设置计算函数中，选择 Diversity 方式，选用 5×5 的窗口，并且去掉中间的一个值，这里的窗口设置类似滤波增强中的滤波器，可以依据需求灵活设置。

图 7.19 显示的是分别用 3×3、5×5 窗口，Diversity 函数计算后的影像对比图。

从图中可以看出，选择的窗口越大，对原来数据的平滑程度越大。当然，结果还与

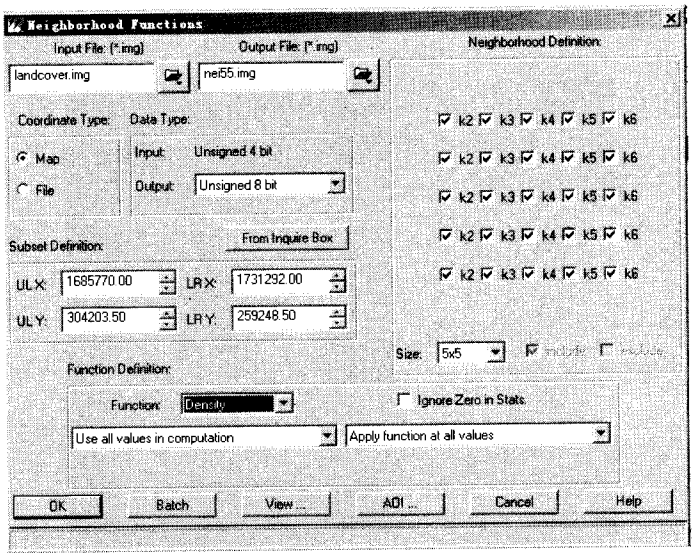


图 7.18　Neighborhood Functions 对话框及其设置



图 7.19　分别用 3×3（左），5×5（右）窗口，Diversity 函数计算的影像图

窗口内具体参与计算的像元设置及计算方法有关。

7.2.2　叠加分析

叠加分析是将有关主题层组成的各个数据层面进行叠加产生一个新的数据层面，其结果综合了原来两个或是多个层要素的属性，得到新的影像图层。叠加分析将两个或多个图层信息在空间位置上进行叠加，得到新的数据，是 GIS 中的一个重要方法。ERDAS IMAGINE 9.1 中的叠加分析可以取两个输入文件的最大值或最小值作为输出的遥感影像值，系统所提供的选项可以对数据进行处理，特别是可以对数据掩膜处理。这也是叠加分析的一个亮点。

图 7.20 显示的是一个坡度数据和土地利用数据进行叠加的操作，首先，坡度数据

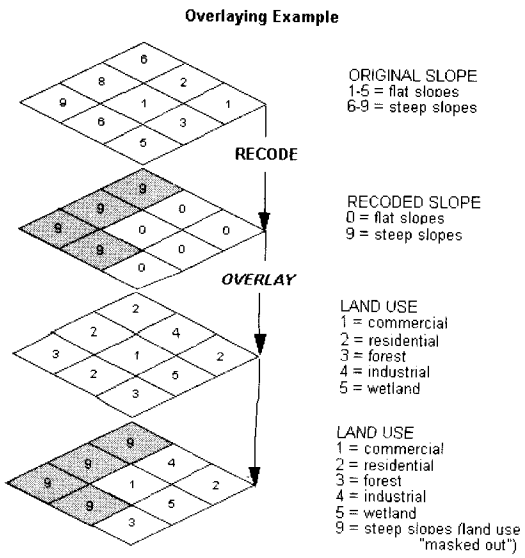


图 7.20　叠加分析示意图

通过重编码将坡度分为平坦和陡峭，最终输出的是每个对应像元的最大值构成的影像。

在 ERDAS IMAGINE 主窗口中，选择 Interpreter 图标 | GIS Analysis | Overlay 命令，打开 Overlay 对话框，如图 7.21 所示进行参数设置。点击 OK 按钮，进行叠加分析。

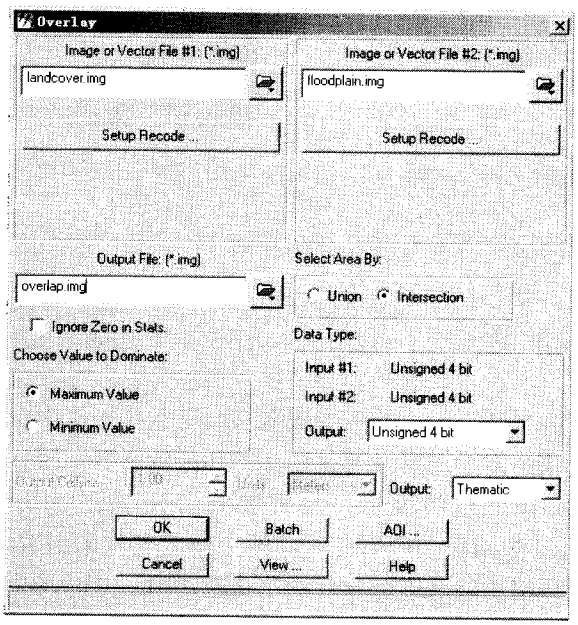


图 7.21　Overlay 对话框

图 7.22 为参与计算数据，图 7.23 为叠加分析得出数据，有兴趣的读者可以分析一下计算结果。



图 7.22　叠加分析之前的土地利用图



图 7.23　叠加分析结果图

7.2.3　指标分析

指标分析可以依据用户设置的权重将两个图层数据进行相加，产生新的图像。也可以给多个图层赋予不同的权值，计算得到新的数据层。很多情况下，由于赋权的要素较多导致计算得到的结果值较大，就需要进行归一化处理。另外，参与计算的数据来源可能不同，也需要将不同的数据源归一化处理。指标分析同样也适用于矢量数据(图 7.24)。

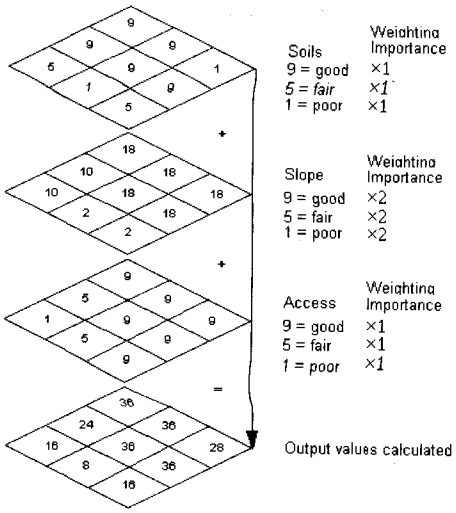


图 7.24　指标分析示意图

归一化处理计算方法如下：

（1）粗略相加

$$R = (W_1 \times P_1) + (W_2 \times P_2) \tag{7.11}$$

（2）正交求和

$$R = \frac{(W_1 \times P_1) + (W_2 \times P_2)}{(W_1 + W_2)} \tag{7.12}$$

式中，W_1、W_2 为第一、二个输入要素的权重；P_1、P_2 为输入文件中两个对应像素的值；R 为指标分析的结果。

在 ERDAS IMAGINE 主窗口中，选择 Interpreter 图标 | GIS Analysis | Index 命令，打开 Index 对话框，如图 7.25 所示进行设置。点击 OK 按钮，执行指标分析。设置参与分析的两个层的权重分别是 1.0、4.0，结果如图 7.26 所示。

图像的计算方式包括合并和相交。合并是指将每一个图层中所有的像元都作为输出像元；相交是指将两个图像中都有的像元作为输出像元，像元的值由所设定的权重计算得到。这里选择相交方式。

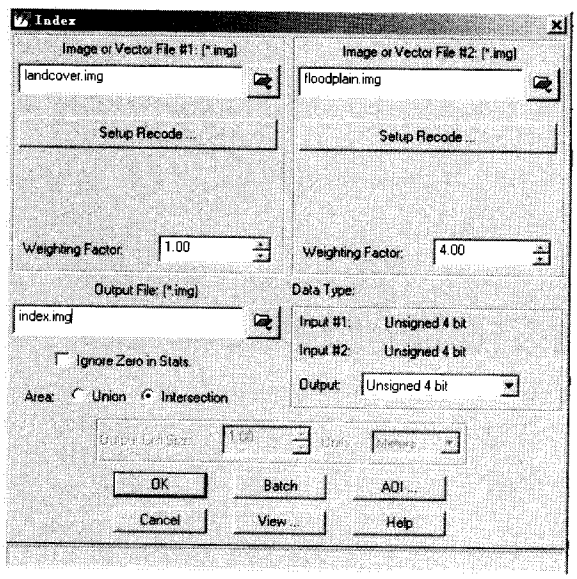


图 7.25　指标分析中的参数设置

图 7.26 中 landcover. img 和 floodplain. img 是在权重设置分别为 1.0、4.0 求交集后的结果。在叠加分析中，叠加后输出的像元是交集中像元的最大值；而指标运算中，输出的是交集中按指定权重计算的像元值。从图中可以看出，由于 floodplain. img 有较

高的权重（4.0），故在图中显得较亮。



图 7.26　依据权重计算的结果图

7.2.4　查找分析

查找分析类似于 GIS 中的邻近分析，可以对分类专题图像（Thematic）和矢量数据进行分析。

允许用户输入一个置 0 的像元类，依据设定的搜索范围，为范围内的像元赋值，所赋值取决于与 0 值像元的欧几里得距离。这点类似于 GIS 中的缓冲区分析，都是通过指定的距离范围，来确定指定源对该范围内的影响程度。这种影响程度随到影像源距离的变化而变化。

在 ERDAS IMAGINE 主窗口中，选择 Interpreter 图标 | GIS Analysis | Search 命令，打开 Search 对话框，如图 7.27 所示进行设置。点击 OK 按钮，进行查找分析。

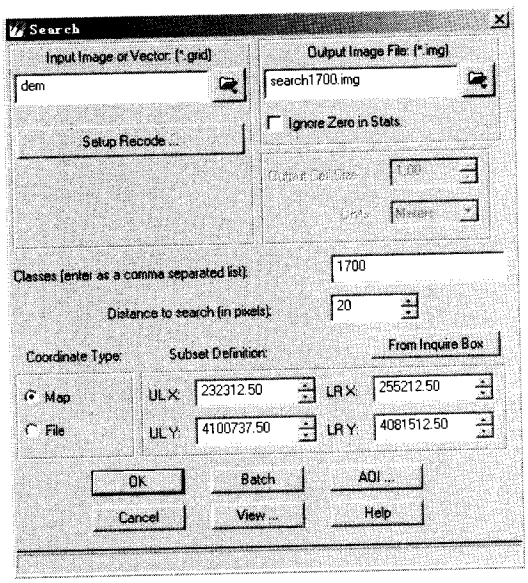


图 7.27　设置置 0 类为 1700 时的检索分析

图 7.28 左图设置置 0 类为 1700 时的检索分析，右图设置置 0 类为 1300 时的检索分析，结果分别存储于 search1700. img，search1300. img 中。

7.2.5　矩阵分析

矩阵分析可以依据两个原始分类的专题数据，实现将同一位置的专题属性融合相加

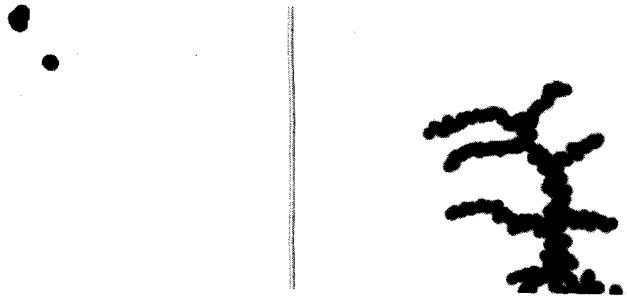


图 7.28　设置置 0 类为 1700（左）、1300（右）时的检索分析结果

得到新的图像文件的处理过程，产生的数据属性包括输入文件中重叠的分类专题属性。与叠加分析、指标分析不同的是，矩阵分析产生的结果可以唯一确定。这便于用户灵活地生成任意两个图层的逻辑运算，如求交集、并集、差集等。矩阵分析将输入的两个数据文件分别组织到一个数组，其中的一个作为数组的行，另外一个作为数组的列。数组的第一行、第一列记录至少来自第一、第二数据文件中的 0 值类，数组中其他位置从 1 开始依次赋值，形成输出数据的值，如图 7.29 所示。

input layer 1 data values (columns)

input layer 2
data values (rows)

	0	1	2	3	4	5	6
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	2	3	4	5	6
2	0	7	8	9	10	11	12
3	0	13	14	15	16	17	18
4	0	19	20	21	22	23	24

图 7.29　矩阵分析示意图

计算输出得到的数据中包括 25 个类，从 0～24，1～24 分别与两个输入数据唯一确定。

（1）在 ERDAS IMAGINE 主窗口中，选择 Image Interprter 图标 | GIS Analysis | Matrix 命令，打开 Matrix 对话框，如图 7.32 所示进行设置。

（2）选择输入专题图像 1（Thematic Image/Vector ＃1）为 floodplain. img，选择输入专题图像 2（Themetic Image/Vector＃2）为 landcover. img。分别选用 LPOLY _ 和 CODE 字段作为相加的属性。

（3）点击 OK 按钮，执行矩阵运算（图 7.31）。

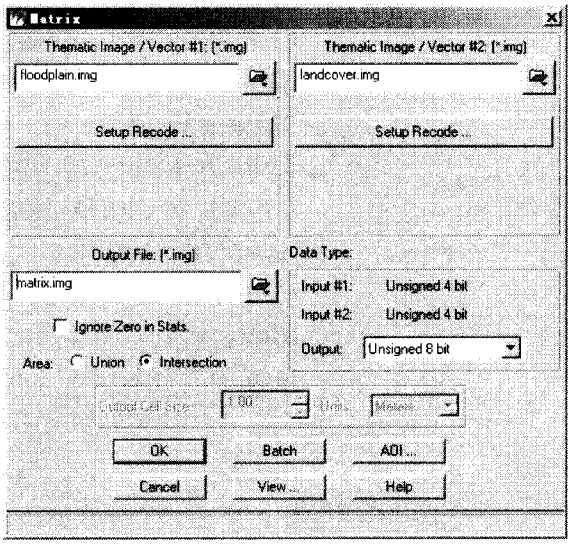


图 7.30　Matrix 对话框及其设置



图 7.31　矩阵分析得到的结果图

7.2.6　归纳分析

归纳分析可以使用两个输入图层的分类信息，生成一个交叉统计表格。这些数据包括公共点个数，面积数以及所占的百分比。该功能可以实现对同一区域内多种专题数据的叠加统计分析。例如，归纳分析可以用于确定一个区域内的土地覆盖类型，通过该区域的土地覆盖分类数据以及该区域的行政分界数据，借助归纳分析就可以得到区域内各类土地覆盖的类型以及与之对应的面积。

(1) 在 ERDAS IMAGINE 主窗口中，选择 Interpreter 图标 | GIS Analysis | Summary 命令，打开 Summary 对话框，如图 7.32 所示进行设置。

(2) 设置输入输出数据路径以及名称。输入区域数据（Input Zone File）为

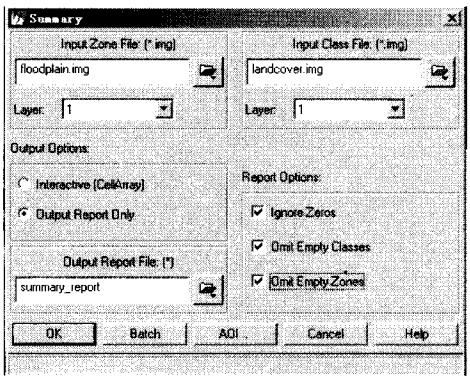


图 7.32　Summary 对话框及其设置

floodplain. img。选择输入分类数据（Input Class File）为 landcover. img。

（3）分别选择用以统计计算的图层，这里都选 Layer：1。

（4）输出选项：这里选择只输出报告（Output Report Only）。

（5）设置输出报告选项（Report Options）：选中忽略 0 值（Ignore Zeros），忽略空类型（Omit Empty Classes），忽略空区域（Omit Empty Zones）。

（6）设置输出报告存储路径及名称，这里为：summary _ report。

（7）点击 OK 按钮执行归纳分析计算。

图 7.33 为输出部分结果。

```
Zone layer name: C:\Program Files\Leica Geosystems\Geospatial Imaging 9.1\example\floodplain.img
Zone number 0
Zone name: outside stream buffer
Class layer name: C:\Program Files\Leica Geosystems\Geospatial Imaging 9.1\examples \landcover.img
  Class Class Name                                Count     %          Hectares
  ----- ----------------------------------------- --------- ------ ---------------
      0                                          182316   0.00       11112.876
      1 Riparian                                  32849  37.39        2002.276
      2 Grassland and Scrub                       38399  43.70        2340.570
      3 Chaparral                                 14610  16.63         890.537
      4 Wetlands                                    986   1.12          60.101
      5 Emergent Vegetation                         731   0.83          44.557
      6 Water                                       290   0.33          17.677

  Total                                           87865 100.00        5355.717
Zonal Statistics:
Majority:              2        Mean:                1.8530
Median:                2        Minimum:             1
Maximum:               6        Range:               6
Diversity:             6        Std. Deviation:      0.8313
Majority Count:        38399    Majority %:          43.7023
Zone layer name: C:\Program Files\Leica Geosystems\Geospatial Imaging 9.1\example\floodplain.img
Zone number 1
Zone name: inside stream buffer
Class layer name: C:\Program Files\Leica Geosystems\Geospatial Imaging 9.1\examples \landcover.img
  Class Class Name                                Count     %          Hectares
  ----- ----------------------------------------- --------- ------ ---------------
      0                                           15388   0.00         937.959
      1 Riparian                                  12623  45.97         769.421
      2 Grassland and Scrub                        8907  32.44         542.917
      3 Chaparral                                  4268  15.54         260.151
      4 Wetlands                                    313   1.14          19.079
      5 Emergent Vegetation                         209   0.76          12.739
      6 Water                                      1139   4.15          69.427
  Total                                           27459 100.00        1673.734
Zonal Statistics:
Majority:              1        Mean:                1.9073
Median:                2        Minimum:             1
Maximum:               6        Range:               6
Diversity:             6        Std. Deviation:      1.1766
```

图 7.33　输出的统计图表（部分）

7.2.7 区域统计

借助区域统计工具，用户可以计算落在 Coverage 图层区域中的遥感影像的统计信息，并且可以把这些信息作为属性保存到 Coverage 图层之中，借助该工具可以轻易实现具有行政边界线遥感影像的信息统计。

在 ERDAS IMAGINE 主窗口中，选择 Intrepreter 图标 | GIS Analysis | Zonal Attributes 命令，打开 Save Zonal Statistics To Polygon Attributes 对话框，如图 7.34 所示进行设置。点击 OK 按钮，执行区域统计分析。

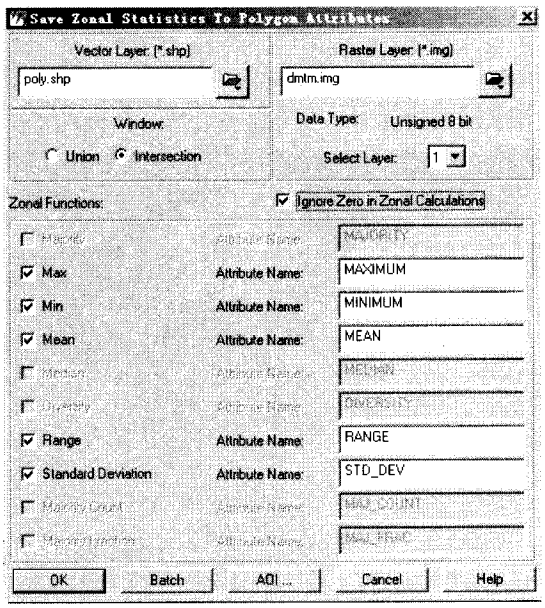


图 7.34 区域统计分析工具

7.2.8 重编码

重编码允许用户对一个指定的遥感影像的一个或是多个分类赋予一个新的分类值，生成一个新的遥感影像。该功能也可以将不同的分类重编码到某个共同的类型值以达到合并不同分类值的目的。另外，重编码还可以给已有的分类值赋予不同的值等。当使用一个顺序、比例或是等间距的分类系统时，重编码可以把分类赋予合适的值。

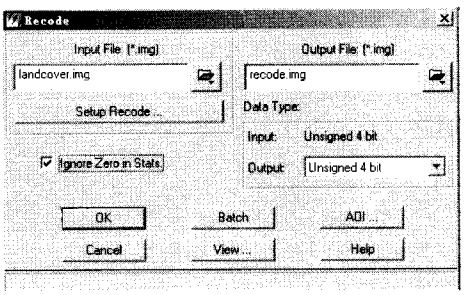


图 7.35 Recode 对话框

(1) 在 ERDAS IMAGINE 主窗口中，选择 Interpreter 图标 | GIS Analysis | Recode 命令，打开 Recode 对话框，如图 7.35 所示

进行设置。

(2) 点击 Setup Recode 设置重编码，打开设置重编码窗口，为其中的 New Value 赋予新的值。这是重编码的关键，重编码就是依据这些新值对原来的数据进行再次编码。本实验的设置如图 7.36 所示。

Thematic Recode

Value	New Value	Red	Green	Blue	Class Names	Histogram
0	1	0.000	0.000	0.000		197704.0
1	2	1.000	0.784	0.000	Riparian	45472.0
2	2	0.588	1.000	0.588	Grassland and Scrub	47306.0
3	2	0.196	0.588	0.196	Chaparral	16878.0
4	5	0.196	1.000	1.000	Wetlands	1299.0
5	5	0.392	0.863	0.784	Emergent Vegetation	940.0
6	5	0.392	0.529	0.784	Water	1429.0

图 7.36　重编码中参数的设置

(3) 点击 OK 按钮，执行重编码命令。结果如图 7.37 所示。可以看出，依据图 7.36 的设置，重编码后类别减少了。

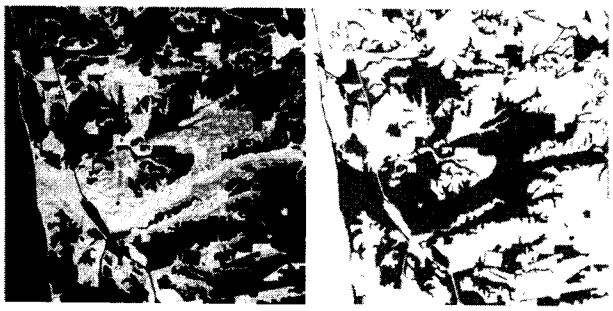


图 7.37　重编码前后的分类数据

7.3　实用工具

ERDAS IMAGINE 9.1 提供一系列的对单个或是多个图像的分析与处理工具，这些工具对于图像解译具有重要意义。主要包括图像的掩膜处理、变化检测、一定区域子集提取、单个图像的函数分析、数值调整、重投影、矢栅转换等，还包括对于多个影像的代数运算、图层组合等工具，这些工具为用户的数据处理提供方便。

7.3.1　变化检测

变化检测是根据两个时期的遥感图像来计算差异，通过给定的阈值（Threshold）来检测变化的区域，并输出两个分析结果，一个是图像变化文件（Image Difference File），一个是主要变化区域文件（Highlight ChangeFile）。图像变化主要用于变化分析，即同一地区各点在时间维的变化情况，图像的差异可以通过用户给定的阈值来表现，当差异大于设定的阈值的时候，对应的区域就会用高亮显示出来。比较结果得到两幅影像，其中一个是连续灰度影像，另一个是分类专题影像。在连续灰度影像中，时间靠后的影像与时间靠前的影像比较变化大于阈值的赋予较高的灰度值，小于该阈值的赋

予较低的灰度值。因此，图中亮度高的就是正变化的区域，暗的就是发生负变化的区域。

用于变化检测的算法如下：

（1）从先后时间顺序的两张影像中逐个获取像元的灰度值。

（2）将增加的百分比与设定的阈值比较。

（3）将减少的百分比与设定的阈值比较。

（4）如果增加的百分比大于设定的值，适当赋予一个较高的值。

（5）如果减少的百分比大于设定的值，适当赋予一个较低的值。

（6）直到所有的像元比较完毕。

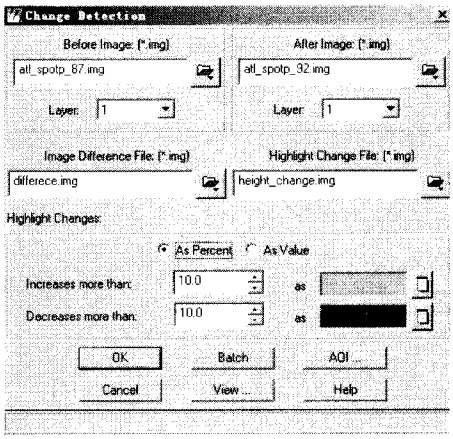


图 7.38　Change Detection 对话框

在 ERDAS IMAGINE 主窗口中，选择 Interpreter 图标 | Utilities | Change Detection 命令，打开 Change Detection 对话框。如图 7.38 所示进行设置。点击 OK 按钮，进行变化检测。结果如图 7.39，图 7.40 所示。



图 7.39　变化检测的前期（左）、后期（右）图像

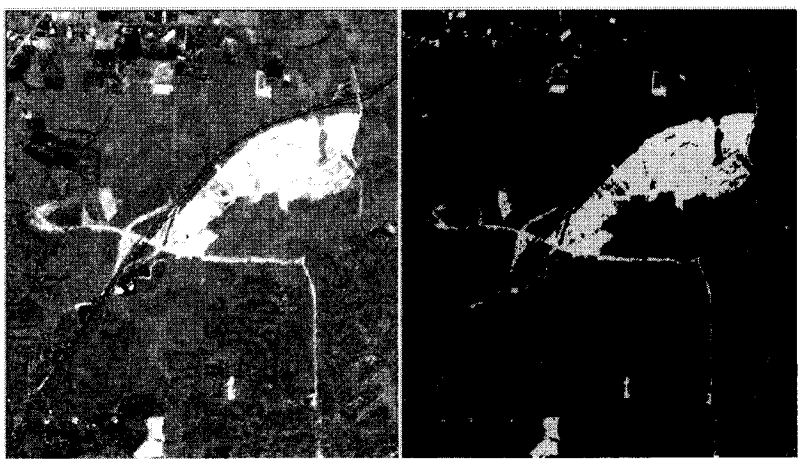


图 7.40　变化检测得到的像素变化图（左）和高程变化图（右）

7.3.2 图像掩膜

图像掩膜按照一幅图像所确定的区域以及区域编码，借助掩膜方法，从相应影像中提取一定区域的影像，这些影像可以组成一幅或多幅影像。图像掩膜较经典的应用就是利用行政边界剪裁图像，得到各个行政区划内的图像。首先得到行政区划的矢量边界。其次借助行政边界对遥感影像掩膜处理，即可得到各个行政区划的数据图层。另外，在图像分类中，应用掩膜处理，可以掩膜掉已经分好类的数据，避免大量的运算，对于提高分类的速度和精度大有帮助。

在 ERDAS IMAGINE 主窗口中，选择 Interpreter 图标 | Utilities | Mask 命令，打开 Mask 对话框，如图 7.41 所示进行设置。点击 OK 按钮，进行掩膜处理。

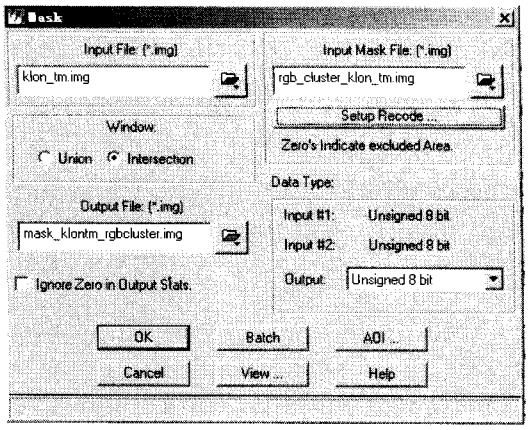


图 7.41　图像掩膜处理工具及其设置

用于掩膜处理的掩膜数据如图 7.42 所示，掩膜计算以后得出的图像如图 7.43 所示。从结果图中可以得出，原始遥感数据类型较多，经过分类数为 28 类的掩膜数据处理后，图像数据中类型比原始数据少，分类图中的 0 值区域对应的遥感图像区域也是黑色的 0 值。

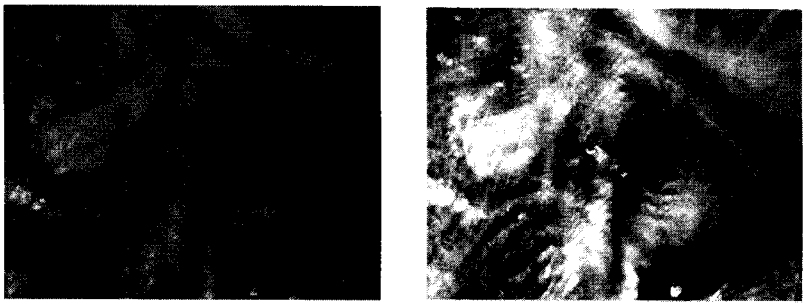


图 7.42　用于掩膜的 img 数据（左）和掩膜数据（右）

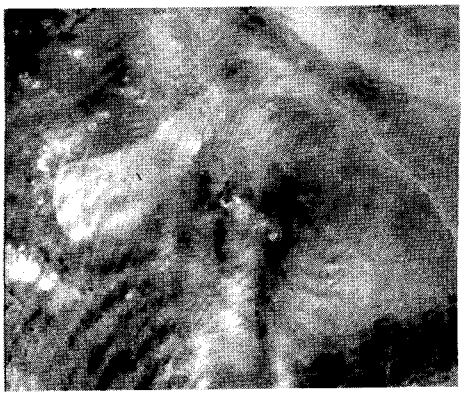


图 7.43　掩膜计算以后得出的图像

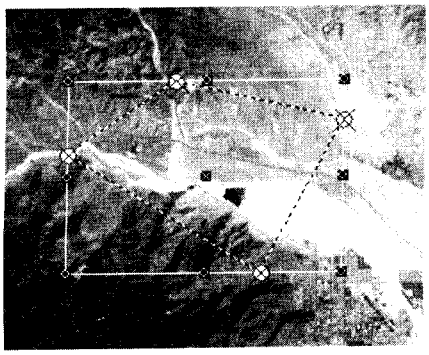


图 7.44　子集提取示意图

7.3.3　提取子集

子集提取工具可以提取用户感兴趣的区域，借助它可以将这些区域输出为影像文件。该工具提取子集有两种方式，分别为两点方式和四点方式。两点方式通过指定左上、右下两个角点的坐标来确定一个输出的矩形区域。四点方式借助四个指定的点，即左上角、左下角、右上角、右下角的坐标来确定一个最大的外接矩形，输出的子集为外接矩形内的遥感影像。图 7.44 中的⊗点表示的是四点方式子集提取，这四个点外接矩形以内的作为一个子集提取出来；图中的虚线显示的范围则是由 AOI 方式提取的结果。

(1) 在 ERDAS IMAGINE 主窗口中，打开 Image Interpreter | Utilities | Subset 命令，打开 Subset 对话框，如图 7.45 所示，进行设置。

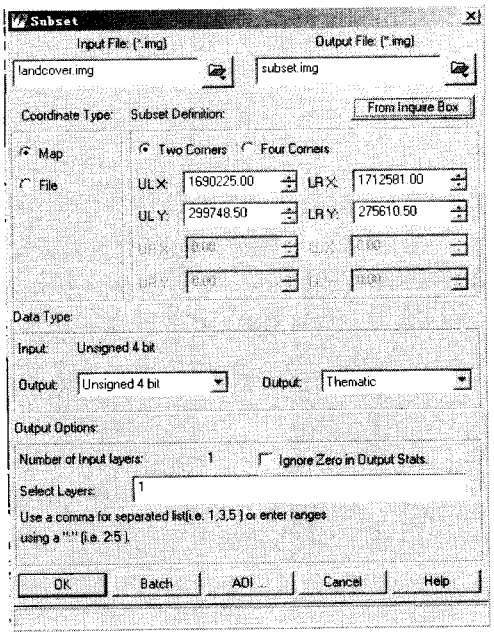


图 7.45　子集提取对话框

(2) 设置提取的子集范围，在此使用两点模式，分别指定左上角，右下角点坐标见图 7.45。使用 From Inquire Box 命令来获取图像中的一个区域。

(3) 打开一个 Viewer，载入遥感数据 landcover.img。在 Viewer 窗口菜单上的 Utility 下选择 Inquire Box 命令，打开坐标查询窗口。

(4) 手动更改它的大小，如图 7.46 所示。完成后点击 Apply，系统将会自动保存。

(5) 返回 Subset 对话框，点击 From Inquire Box，调入以上所设置的查询窗口(图 7.46)。

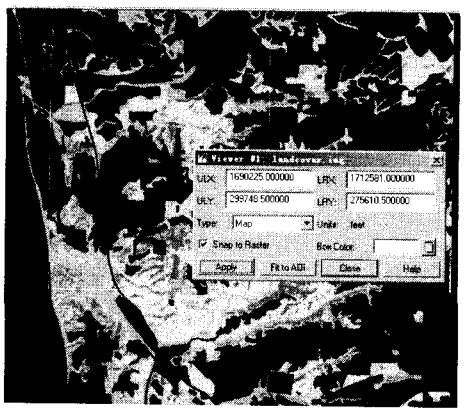


图 7.46 定义用于子集提取的窗口



图 7.47 子集提取后的结果

(6) 设置输出数据的类型，包括专题和连续两种类型，区别主要在于是否对图像分类。

(7) 选择图层，这里可以指定图层，如 1，2，3 图层等；也可以指定一个范围，通过“:”分隔开，如 2～5 层为“2：5”。

(8) 点击 OK 按钮，执行子集提取命令、结果如图 7.47 所示。

7.3.4 函数分析

函数分析指对单个图像做一系列的数学运算，使数据符合我们后续分析的要求。例如，对非整型数据的取整，ERDAS 的函数分析工具允许用户通过特定的空间模型函数对单个图像进行分析处理，系统提供的函数多达 36 个，用户每次可以借助一个函数对输入遥感图像进行处理，函数分析工具同样支持多种输入输出数据格式。

在 ERDAS IMAGINE 9.1 主窗口中，选择 Interpreter 图标 | Utilities | Functions 命令，打开 Single Input Functions 对话框，如图 7.48 所示进行设置。点击 OK 按钮，执行函数分析。

选择用于计算的函数时，系统提供 36 种函数，几乎包括了遥感图像函数分析处理的全部内容。用户还可以针对需求，将几种函数组合使用，以期得到更好的处理效果。每个函数的功能可以从系统提供的帮助文件中获得。在此使用 FLOOR 函数，它是一个向下取整函数，与之对应的向上取整函数为 CEIL。

在图像处理软件中可以看出原始数据的灰度值由 high 的 1727.7 到 low 的 1257.6，

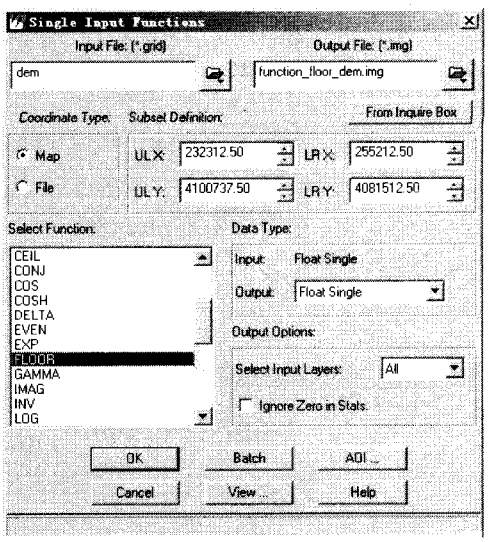


图 7.48　Single Input Functions 工具对话框及其设置

是符点型，经计算得到数据灰度值从 1257～1727，变成了整型。

7.3.5　代数运算

除了对单幅的图像进行处理以外，有时候需要多幅图像进行一定的运算得到要求的数据。同函数分析一样，代数运算允许用户通过特定操作符号对遥感影像进行图像分析处理，系统提供的 6 个操作符号，分别是加、减、乘、除、幂、模，每次可以借助一个操作符对两幅输入图像计算处理，代数运算同样支持主流的遥感数据格式。处理的可以是两个不同的数据，也可以是对同一数据的不同处理。

在 ERDAS IMAGINE 主窗口中，选择 Interpreter 图标 | Utilities | Operators 命令，打开 Two Input Operators 对话框，如图 7.49 所示进行设置。点击 OK 按钮，开始进行计算，结果如图 7.50 所示。

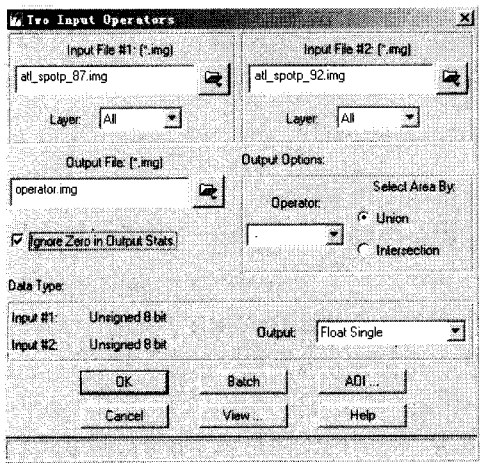


图 7.49　Two Input Operators 对话框及其设置

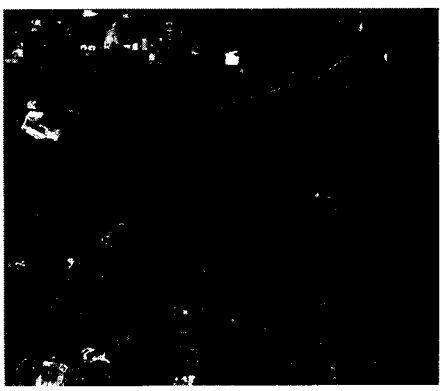


图 7.50　函数分析“－”法运算得到的图

7.3.6 色彩聚类

色彩聚类可以将三个波段数据压缩到一个波段，或是对单波段数据进行非监督分类。通常可以将 24 位数据分类到 8 位数据。使用色彩聚类工具步骤如下：

在 ERDAS IMAGINE 主窗口中，选择 Interpreter 图标 | Utilities | RGB Cluster 命令，打开 RGB Clustering 对话框，如图 7.51 所示进行设置。点击 OK 按钮，进行色彩聚类分析，结果如图 7.52 所示。

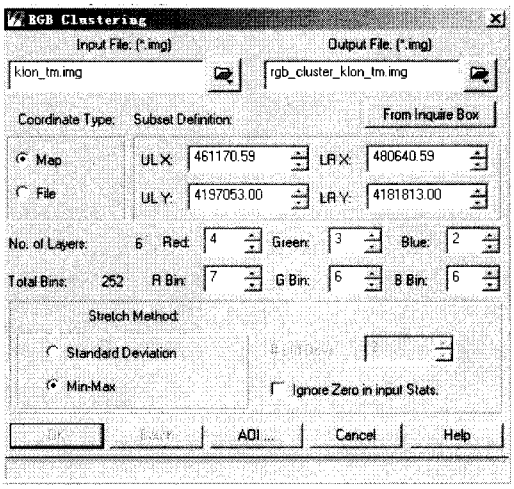


图 7.51 打开并设置好参数的 RGB Clustering 工具

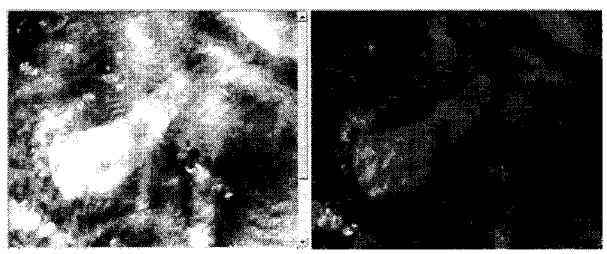


图 7.52 色彩聚类前后的遥感图像

从图 7.52 中可以看出，经过色彩聚类分析前后遥感数据类型有所变化，后者是对前者的一种分类。

7.3.7 数值调整

数值调整即重新设置遥感图像灰度值范围。这对于数据的归一化处理具有意义，特别是诸如对不同时相数据的融合以及镶嵌数据后灰度的匹配有较大用处，经过这样调整

后的数据有一定的可比性。

在 ERDAS IMAGINE 主窗口中，选择 Interpreter 图标 | Utilities | Rescale 命令，打开 Rescale 对话框，如图 7.53 所示进行设置。点击 OK 按钮，进行数值调整处理。

从结果对比看出，原来的 dem 数值从 1257.6～1727.7，经计算后得出 rescale600. img 的范围为指定的范围 0～600。

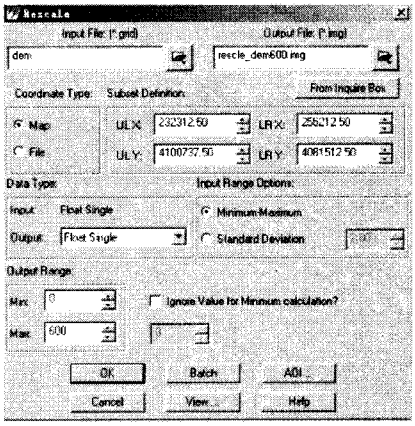


图 7.53　Rescale 对话框及其设置

7.3.8　图层组合

图层组合工具可以将来自不同影像的任意图层数据以任意顺序叠加起来，并存放于一个新的影像文件之中。这样可以灵活使用多遥感影像中的有用数据，大大提高分析、处理的针对性。

(1) 在 ERDAS IMAGINE 主窗口中，选择 Interpreter 图标 | Utilities | Layer Stack，打开 Layer Selection and Stacking 对话框，如图 7.54 所示进行设置。

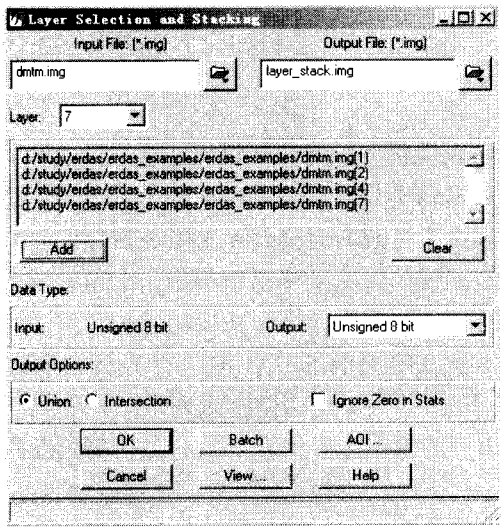


图 7.54　图层组合对话框

(2) 选择输入图像 (Input File) 为一幅具有 7 个波段的 TM 影像数据 dmtm. img；选择输出文件为 layer _ stack. img。

(3) 点击图层旁边的下拉列表框，依次从中选择需要组合的图层，然后点击 Add 添加按钮，依次将选择的图层加入，加入的图层将显示在列表框中。

(4) 点击 OK 按钮，输出组合后图像。

7.3.9　重投影

进行空间分析之前，首先需要保证参与分析的数据是在同一坐标参考之下，尤其是空间叠置分析，需要将不同的投影数据归一化到同一投影之下，重投影工具可以完成这一要求，它借助一个简单的地理参考点或是复杂的地理参考数据，将遥感影像从一种投影转换到另一种投影下。

(1) 在 ERDAS IMAGINE 主窗口中，选择 Interpreter 图标 | Utilities | Reproject 命令，打开 Reproject Images 对话框，见图 7.55。

(2) 选择输入文件 (Input File) 为随书光盘… \ Chp7 \ Tutor \ zhengjiang. img；选择输出文件 (Output File) 为 reproject _ zhengjiang. img。

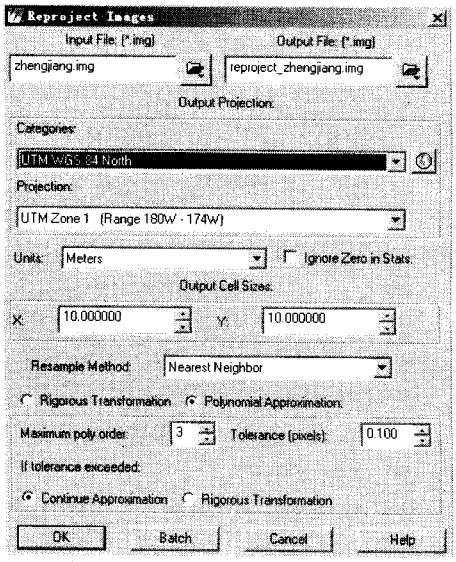


图 7.55　重投影对话框

（3）定义投影的分类，这里选用 UTM GWS 84 NORTH，这里可以依据具体的投影信息进行设置。

（4）设置输出像元 x，y 方向的单位和大小。这里选用米为单位，值为 10m。

（5）设置重采样的方法，这里包括最近邻采样方法，双线性采样方法，三次卷积查采样方法，三次样条采样方法，选用哪种采样方法需要依据用户需求定。这里使用最近邻采样方法。

（6）设置数值拟合的方法，包括直接转换：严格依据投影进行转换；多项式拟合：依据给定的多项式次数，在允许的容差内进行插值。为保证拟合的正确性，需要设置容差超限时候的插值。这里选用三次多项式拟合，误差超过 0.1 时继续拟合。

（7）点击 OK 按钮，执行重投影命令。

7.3.10　矢量栅格转换

栅格结构是以规则的阵列来表示空间地物或现象分布的数据组织，组织中的每个数据表示地物或现象的非几何属性特征。矢量数据结构是通过记录坐标的方式尽可能精确地表示点、线和多边形等地理实体，坐标空间设为连续，允许任意位置、长度和面积的精确定义。矢量转栅格算法算法很多，至于点、线的矢量到栅格很简单，矢量转栅格的算法主要集中于面状要素的转换，算法主要有：

（1）内部点扩散法，即由多边形内部种子点向周围邻点扩散，直至到达各边界为止；

（2）复数积分算法，即由待判别点对多边形的封闭边界计算复数积分，来判断两者关系；

（3）射线算法和扫描算法，即由图外某点向待判点引射线，通过射线与多边形边界交点数来判断内外关系；

（4）边界代数算法，是一种基于积分思想的矢量转栅格算法，适合于记录拓扑关系的多边形矢量数据转换，方法是由多边形边界上某点开始，顺时针搜索边界线，上行时边界左侧具有相同行坐标的栅格减去某值，下行时边界左侧所有栅格点加上该值，边界搜索完毕之后即完成多边形的转换。

在 ERDAS IMAGINE 主窗口中，选择 Image Interpreter 图标 | Utilities | Vector to Raster. 命令，打开 Vector to Raster 对话框，设置输入数据为随书光盘…\Chp7\Tutor\B176.shp，其他参数如图 7.56 所示进行设置。点击 OK 按钮，执行矢量到栅格的转换。

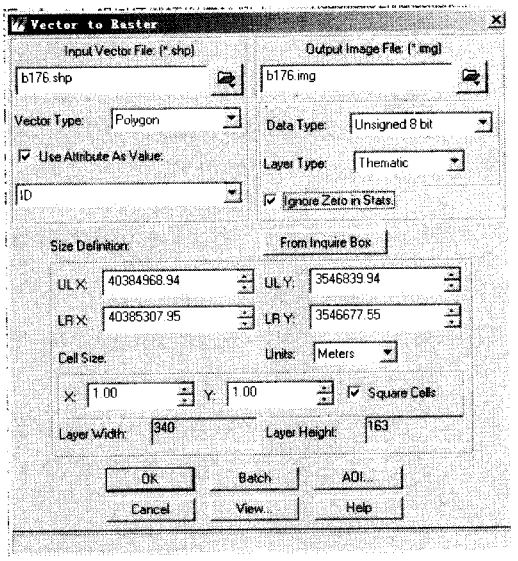


图 7.56　矢量转栅格对话框

结果见图 7.57，图中像元的灰度呈现渐变的效果，主要是因为在矢量栅格转换中使用 ID 字段。



图 7.57　转换以后的影像图

7.4　实例与练习

本章主要讲述 ERDAS IMAGINE 9.1 中用于 GIS 空间分析的一些工具，以上各节是对每个工具功能及操作的讲解，本节将通过两个综合例子，来实现空间分析功能的具体应用。

7.4.1　提取山顶点

1）实习背景

山顶点指那些在特定的邻域分析范围内，点的高程值比周围点高的点，山顶点是地形描述的重要特征点，它的分布与密度是地貌发育特征的重要指标，也制约着地貌的发展，因此，快速基于 DEM 数据提取山顶点，在数字地形分析中意义重大，在遥感图像解译处理中也有指导意义。

2）实习目的

通过等高线、山顶点、洼地点的提取与配置，引导用户熟悉 ERDAS 中栅格数据处理中提取等高线，栅格邻域分析和窗口计算功能。

3）技术路线

山顶点是一定邻域范围内高程值比邻域值大的点，可以通过计算一定邻域范围内点的最大值，将原来 DEM 数据与计算以后的数据相减，那些相减以后数值为 0 的点就是可能的山顶点，当然还需要对边缘做进一步的处理。

4）操作步骤

（1）计算 7×7 窗口内的最大高程值 max _ dem. img。

①在 ERDAS IMAGINE 主窗口中，选择 Interpreter 图标 | GIS Analysis | Neighborhood 命令，打开 Neighborhood Functions 对话框。

②选择输入数据（Input File）为…\Chp7\Ex1\dem，坐标系统使用原地图，输出单精度浮点数，采用 7×7 窗口，选择最大值；输出数据（Output File）为 max _ dem. img。如图 7.58 所示进行设置。

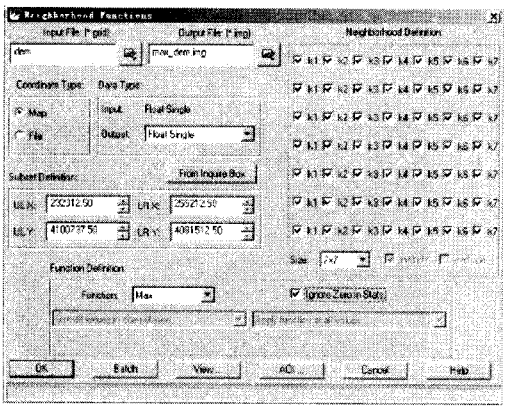


图 7.58　打开并设置好参数的邻域分析窗口

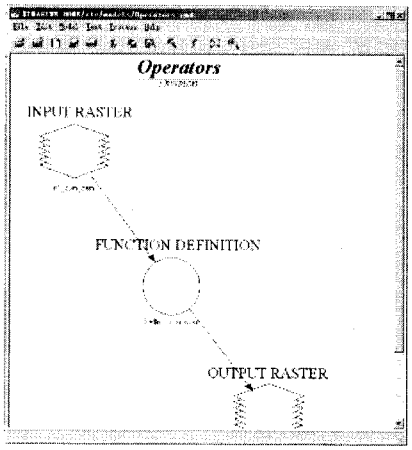


图 7.59　代数运算的模型运算窗口

（2）使用 Operator 中的模型计算工具实现结果。

①借助代数运算（Operator）工具计算出高程差值 max _ dem-dem。这里使用代数运算中的模型分析来实现。使用方法是点击代数运算窗口下面的 View 按钮启动建模界面。

②在 ERDAS IMAGINE 主窗口中，选择 Interpretor 图标 | Utilities | Operator 命令，打开 Two Operators 对话框。点击对话框中的 View 按钮，启动建模界面，见图 7.59。

③借助模型编辑窗口的工具栏，再绘制一个图像符号 Input Raster，分别双击 Input Raster，选择输入数据（Input File）为 max _ dem 和 dem。

④ 使用工具栏中的箭头工具将新绘制的 Input Raster 与中间的处理图标（圆形）连接起来（注意：箭头的起点为 Input Raster，终点为圆）。

⑤ 双击圆形，在打开的文本窗口中输入以下代码：$n1 _ dem-$n11 _ max _ dem==0 后确定。

⑥ 双击 Output Raster，设置计算结果存储的名称以及路径。这样就设置好了计算模型。设置好的模型如图 7.60 所示。

⑦ 点击 按钮，运行计算模型。

(3) 依据上述方法，依据代码计算得到的 shandingdian. img 数据。计算得到的山顶点数据如图 7.61 所示。

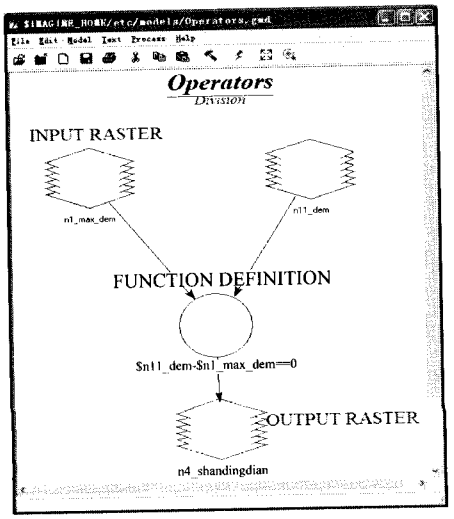


图 7.60 代数运算中对多个图像的操作

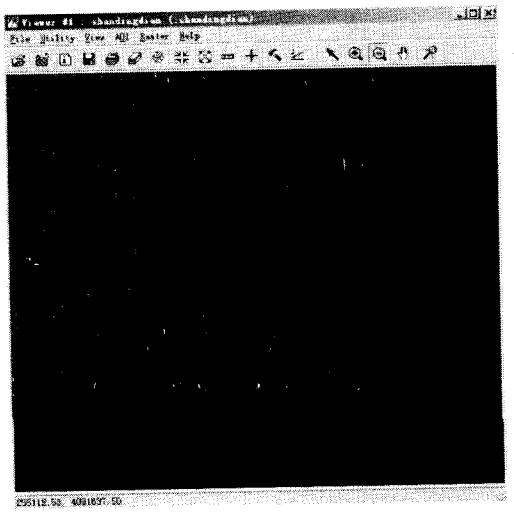


图 7.61 计算得到的山顶点数据

由于 ERDAS IMAGINE 9.1 中关于常量参与的计算具有一定的局限性，因此此处提取山顶点算采用建模计算。建模工具提供了广泛的操作函数，用户可以根据需要使用。详细信息可以参阅本书空间建模章节。

7.4.2 计算退耕还林还草面积

1) 实习背景

以往我们一直注重经济的发展，忽略了环境的消耗，导致大规模地开发宜林、宜草区域，随之而来的沙尘暴、洪水等给环境带来重大影响。随着改革开放的深入，我国政府逐步意识到保护环境的重要性，从可持续发展的角度提出退耕还林、还草的重要国策。本实验在已有的 DEM 基础上，借助 ERDAS 计算退耕还林还草图。

2) 实习目的

通过制作退耕还林还草图，可以熟练掌握 ERDAS 中关于地学分析中坡度计算、代数计算、空间数据的矢栅转换、重编码等操作。

3）操作步骤

（1）数据准备（随书光盘…\Chp7\Ex2）。

DEM：——35cdem（1∶1万GRID格式）

DLG：——tdly（141、143、144为耕地）（1∶1万coverage格式）

（2）模型计算。

基本试验：利用以上数据提取25°以上坡度的耕地面积图。

（3）技术路线。

①利用土地利用线划数据中的土地利用分类编码，把它转化为数字影像数据。即把矢量转化为栅格数据。

②对转换后的遥感影像进行重编码，把代表耕地的数据即灰度为141、143、144的像元编码为1，其他的编码为0待用。

③利用已有的DEM数据，借助坡度提取工具计算出坡度数据。

④利用重编码工具把25°以上的数据编码为1，其他的编码为0待用。

⑤把两个编码后的数据叠加，得到既是耕地，坡度又大于25°的区域分布。这里使用的是ERDAS IMAGINE 9.1中的Operator工具，得到一个0/1数据，为1的即是代表要退耕的区域。

（4）操作步骤。

①在ERDAS IMAGINE主窗口中，选择Interpretor图标 | Utilities | Vector to Raster命令，打开Vector to Raster对话框，见图7.62。

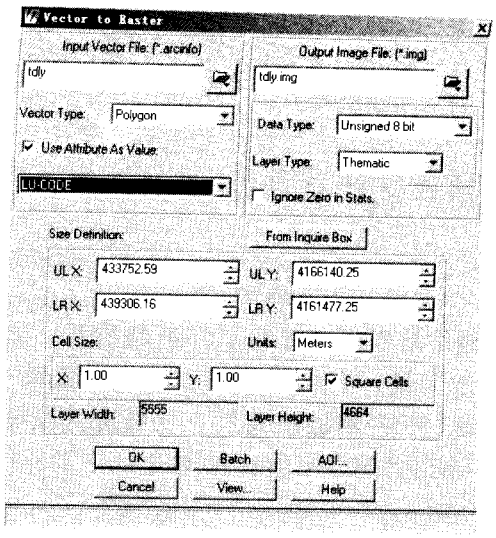


图7.62　矢量转栅格工具

②选择输入的土地利用DLG图层，类型为多边形，值为LU_code的值。这样得到的是所有土地类型的图。

③对得到的土地利用遥感影像图重编码。

在 ERDAS IMAGINE 主窗口中，选择 Interpretor 图标 | GIS Analysis | Recode 命令，打开 Recode 对话框。选择以上转化后的遥感数据。对其进行重编码，把除 141、143、144 外其他的值全部编码为 0，141、143、144 编码为 1。选择输出影像（Output File）为 tudiliyong. img，见图 7.63。

④利用 DEM 数据提取坡度信息。

在 ERDAS IMAGINE 主窗口中，选择 Image Interpreter 图标 | Topographic Analysis | Slope 命令，打开 Surface Slope 对话框，计算坡度信息。

⑤对计算好的坡度进行重编码，把 25°以下的全部编码为 0，25°及以上的编码为 1，编码见图 7.64。选择输出图像（Output File）为 25above1. img。

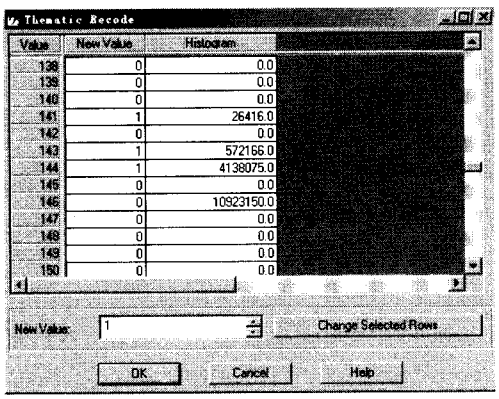


图 7.63　土地利用类型重编码操作

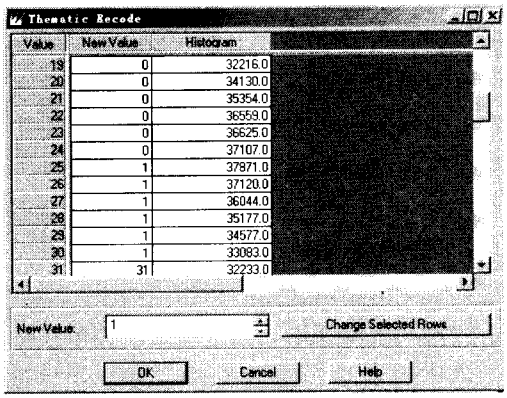


图 7.64　坡度重编码操作

⑥在 ERDAS IMAGINE 主窗口中，选择 Interpreter 图标 | Utilities | Operators 命令，打开 Two Input Operators 对话框，如图 7.65 所示进行设置。

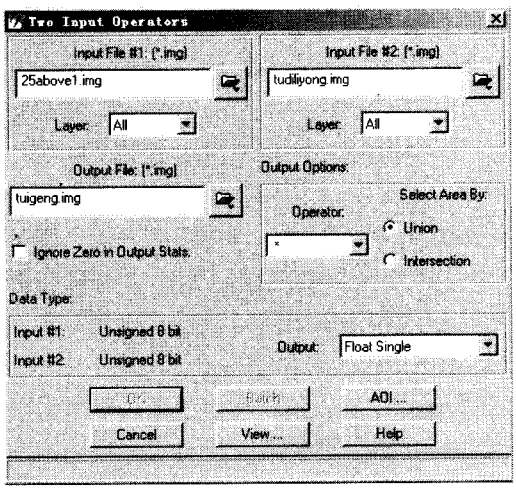


图 7.65　代数运算对话框

选择输入数据（Input File）分别为 25above1. img 以及 tudiliyong. img。

设置 Operator 操作符为“*”，将以上 0/1 数据相乘得到一个 0/1 数据，这个 0/1 数据对应的图就是要对更还林、还草的区域，依据比例尺，就可以计算出每个区域的面积（图 7.66）。

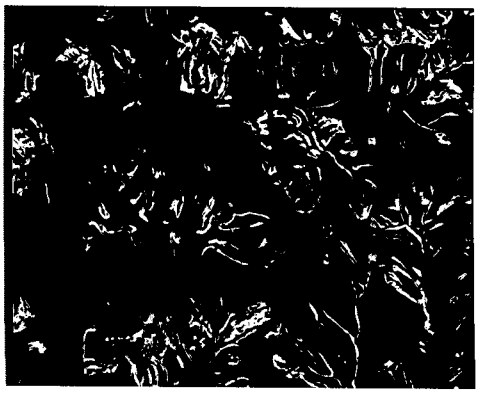


图 7.66　提取出来的退耕还林还草图

第八章　光谱分析

ERDAS IMAGINE 9.1 光谱分析模块中主要包括异常检测、目标探测、矿物制图、工程设计和光谱分析工作站五大部分。模块的主体是光谱分析工作站，它为所有的工作流和预处理功能提供了一个交互的接口，同时提供了多种光谱分析工具，为高光谱影像和光谱库的分析提供了环境。ERDAS IMAGINE 9.1 光谱分析模块操作起来非常方便，其专业处理能力不仅能满足遥感专家们的需要，同时它的易操作性也能兼顾到初学者。在 ERDAS IMAGINE 9.1 中，不仅开发了新的导入接口，能够将特定的高光谱传感器信息和自定义的光谱库文件导入到软件自带的光谱库结构中去，还进一步开发出简化后的、为工业标准所认可的特定预处理技术，从而能提供便于使用的影像预处理机制。在光谱分析模块中有多个针对高光谱数据集的有效算法，这些算法通过一个简单的图形用户接口进行运算后，可以直接向用户提供终端分析产品。

异常检测和目标探测是光谱分析中最常用、最基本的功能，因此本章主要介绍异常检测、目标探测功能以及光谱分析工作站的主要作用并举例讲解，对光谱分析中常用到的影像变换方法，如最小噪声比率变换、大气校正等进行详细介绍。本章所使用的数据见随书光盘…\Chp8\Tutor 中。其中，Result 存放练习结果数据，方便读者参照练习。

8.1　光谱分析基本理论

ERDAS IMAGINE 9.1 光谱分析模块中所涉及的专业知识主要有：成像光谱学、大气校正、端员矿物、光谱库等，涉及的算法有：正交子空间投影、约束能量最小化、光谱角制图工具、经验线性法、平场、内部平均法（IAR 校准方法）、对数残差法以及最小噪声比率变换等。

下面简要介绍一下上述涉及的知识和算法。

（1）成像光谱学。

研究利用紫外、可见光、近红外和中红外电磁波来获取许多非常窄而光谱连续的图像数据的技术。测谱学研究物质发射或反射的光以及随波长变化的能量。在光学遥感中，测谱学研究地球表面物质漫射（散射）的太阳光的光谱。

（2）大气校正。

大气校正的目的是使用物理参数进行影像的转换，从而移除大气产生的吸收和散射影响。该方法主要包括两大部分：校正模型和经验方程。

（3）端元组分。

像素的分辨率比较大时，对传感器探测到的单个光谱有贡献的很有可能不只一种地面材料。所以，多数情况下，传感器探测的光谱是一个复合的或混合的光谱，对这个混合光谱有贡献的“纯的”光谱被称为端元光谱（Endmember Spectra），光谱所对应的

矿物组分则为端元组分。

（4）光谱库。

光谱库提供了端元组分，目标探测和矿物制图的信号光谱，以及物质识别的输入物质光谱。

目前，已有多个关于天然和人造材料的公开反射率光谱库，辅助解译高光谱和多光谱图像。

ASTER 光谱库：http：//speclib. jpl. nasa. gov。这个光谱库已被 NASA 作为高级星载热辐射和反射辐射计（Aster）成像设备程序的一部分。目前，ASTER 光谱库拥有近 2000 条光谱，从矿物、岩石、土壤、人造材料、水和积雪，波长范围 0.4～14μm 都一一涵盖在内，可以按类别查询、浏览光谱，并用文本文件的方式 下载单个光谱数据。

USGS 光谱库：http：//speclab. cr. usgs. gov/spectral. lib04/spectral-lib04. html。丹佛科罗拉多的美国地质调查局光谱实验室的光谱库，包括了约 500 种的矿物和部分植物的反射光谱，波长范围 0.2～3.0μm。可以在网上浏览单个光谱曲线或下载整个光谱库。

（5）正交子空间投影法（OSP）。

抑制影像中的背景信号，而最大化目标光谱的信噪比。该方法原理是每个像素矢量被投影到一个子空间里，该子空间与干涉信号相垂直，这样就将背景信号实现最小化，与此同时也将所需要的信号最大化了。该方法在自动检测中十分重要。

（6）约束能量最小化算法。

该算法首先对原始图像进行背景信息抑制，从而抑制背景地物、突出低概率的小目标，用迭代误差分析的自动端元提取算法找出目标的端元光谱，然后把目标端元光谱代入 CEM 滤波器得到该目标的检测结果图。

（7）光谱角制图工具。

在 n 维空间中通过比较参考光谱矢量与图像中每个像元矢量之间的夹角来确定，角度越小则说明此像元与参考光谱越匹配。

（8）平场转换。

这是基于图像的方法，要求图像具有一个光谱反射率曲线变化相对平坦的比较均一的区域，该区域的平均光谱受太阳辐射、大气散射和吸收影响的共同控制。图像数据除以平场的平均光谱后转换为相对的反射率。为了降低图像噪声对转换的影响，这个被选择的平场应该是明亮的。因为在自然景观中，具有完全平的反射光谱的物质很少，所以，从图像中选择一个合适的“平场”较为困难。对包括沙漠的图像来说，厚厚的结盐的干湖床呈现出相对平的光谱，在城市中，明亮的人造材料如混凝土则作为平场。平场光谱中的任何显著的光谱吸收特征将造成相对反射率计算结果的虚假性。如果地区存在显著的海拔变化，转换的结果包括了地形阴影和大气路径辐射差异的残余影响。

（9）平均相对反射率转换。

该方法也通过除以平均光谱的方法来标准化图像光谱，但是平均光谱值来自于整个图像。计算平均光谱之前，将各波段的辐射值按比例进行转化，使整个图像中所有波段总和为一个常数。这样的调整大大地消除了地形阴影和其他的整体亮度的差异。该方法

假设地面变化是充分异构的，光谱反射特性的空间变化会相互抵消。如果这个假设不成立，得到的反射光谱也会有虚假性。

(10) 对数残差技术。

指根据明度和地形两个因素来确定遥感辐射率，从而建立模型。对数残差技术首创于 Green 和 Craig (1985)，之后研究学者们对该算法进行多次改进，该软件中所执行的算法类似于 Lyon (1987) 提出的算法：输出光谱＝输入光谱－平均光谱－像素亮度＋图像亮度。方程中所有参数都是在对数空间，由此而得名。该算法校正了影像中的大气吸收、系统变异和像素间明度差异作用。

(11) 经验线性法。

典型的经验线性方法是对图像所在区域的地物进行野外光谱测量，并据此将图像数据转换成反射率。野外反射光谱必须是从两个或更多的均匀地面目标区域获得的。目标区域应该有明显的亮度差异，并在图像中的面积足够大。使用目标地区的图像辐射值和地面反射率值建立线性关系后，就可以将图像转换成表观反射率。转换结果是“表观的”的反射率，因为这个转换没有包括可能的地形影响（阴影和大气路径辐射差异）。

(12) 最小噪声比率变换。

8.6 节会详细地讲述最小噪声比率变换，该变换是在需要增强分析影像的信噪比的情况之下，调整噪声的主成分变换，估计和均衡每个图像波段中的噪声量，以确保输出成分是按它们占图像内容的总量来排序的，以便于影像分析。

8.2 光谱分析工作站

在光谱分析工作站中，可以交互地进行高光谱影像、光谱信号以及其他数据的显示(图 8.1)。

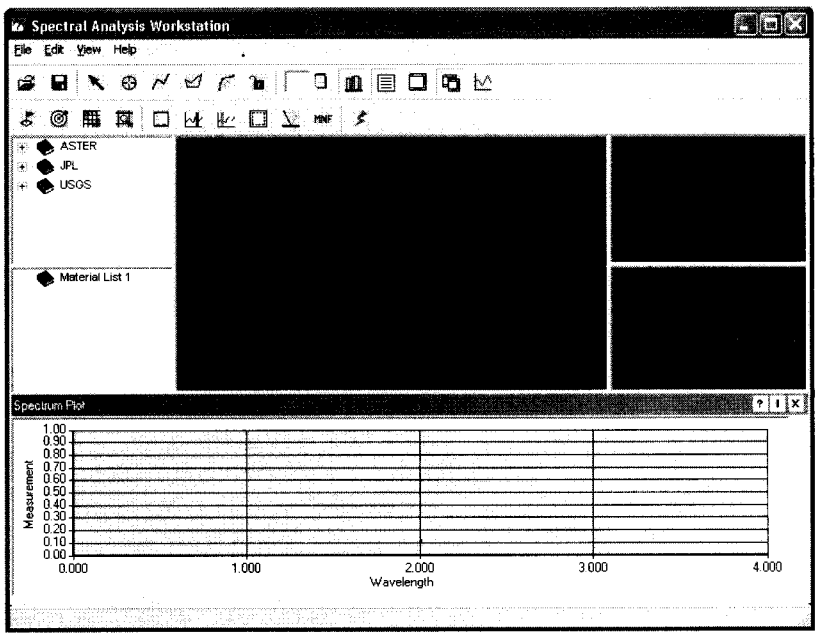


图 8.1 光谱分析工作站主窗口

光谱分析工作站可通过下列方式打开：在 ERDAS IMAGINE 主窗口中，选择 Classifier 图标 | Spectral Analysis | Spectral Analysis Workstation 命令，打开光谱分析工作站。

表 8.1 为光谱分析工作站主菜单及其子菜单的相关含义。

表 8.1 菜单选项

File New	打开一个新的光谱分析工作站窗口
Open Project	打开一个已有的工程文件（*.iwp）
Open Analysis Image	将影像文件加载到视图中作为分析对象
Open Overlay	加载叠置影像，通常加载 *.img 影像
Load Selectors From AOI	加载先前数字化的 AOI 到光谱工作站中用于分析
Save	在工作站中保存所有更改到当前的工程文件中（*.iwp）
Save As	在光谱分析工作站中保存所有更改到指定的工程文件中（*.iwp）
Save Preprocessed Image	将预处理后的影像保存为永久性文件
Save Selectors to AOI File	将先前数字化的 AOI 保存为文件（*.aoi）
Close	关闭当前工作站
Close All	关闭所有打开的工作站
Edit Sensor Information.	打开传感器信息工具，编辑传感器属性
Bad Bands	打开坏波段选择工具，从分析中移除噪声波段
Spectral Subset	打开光谱子集选择工具，选择分析中所需要的光谱子集
Spatial Subset	打开空间子集工具，可以在选取分析影像上一区域的子集进行处理
Atmospheric Correction.	打开大气校正窗口，纠正数据集中由于大气影响产生的异常
Minimum Noise Fraction (MNF)	打开最小噪声比率变换工具，减小数据中的噪声
View General Workstation Mode	用于释放其他选择模式
Anomaly Workstation Mode	异常检测模式
Target Detection Mode	目标探测模式
Material Mapping Mode	物质绘图模式
Material Identification Mode	物质识别模式
Preprocess	影像预处理
Preset RGB Combinations	可以选择许多常用的波段组合
Reset Viewers	返回到视图显示的默认放大程度和角度
Help About Spectral Analysis Workstation	打开在线帮助文档

在光谱分析工作站窗口的图标栏，包括了很多常用工具，具体可以分为以下几类。

1）常用文件管理工具和选择工具

常用文件管理工具和选择工具如表 8.2 所示。

表 8.2　常用文件管理工具和选择工具

	用于打开光谱分析工程文件
	用于保存光谱分析工程文件
	最常用的选择工具，用来选择光谱、移动点标记、选择操作模式、选择菜单项等
	点击该图标可以在分析影像的单点中收集采样光谱。 ⊕是采样点的标志，⊞是当前采样点的标志，可以使用颜色选择器来更改采样点的颜色
	单击该图标，可以在分析影像中画出一个不规则线构成的AOI，并可以得到该线的平均光谱
	单击该图标，可以在分析影像中画一个不规则多边形构成的AOI，得到该多边形内的平均光谱
	单击该工具，可以对线、多边形和AOI进行编辑
	锁定表示可以重复使用选定的工具，而不必每次都要按一下，当工具使用完成后，再按一下以解除锁定
	单击该按钮可以改变工作站中所创建点和AOI区域的颜色

2）工作站管理工具

工作站管理工具如表 8.3 所示。

表 8.3　工作站管理工具

	使用该图标隐藏或显示档案库
	使用该图标隐藏或显示与当前项目有关的工作文件库(*.sql)
	单击该图标，只显示主视图窗口，而总览图窗口和聚焦窗口被隐藏
	单击该图标，显示主视图窗口、总览图窗口和聚焦窗口
	单击该图标，打开一个新的光谱图窗口

3）操作模式

操作模式如表 8.4 所示。

表 8.4　操作模式

	异常检测。在输入影像中搜索并鉴别含有与影像背景光谱不同的异常光谱的像素
	目标探测。搜索输入影像的中包含的某种具体物质
	物质制图。在输入影像中搜索特定物质的存在
	物质识别。将像素或者AOI的光谱与候选光谱进行对比，识别物质类别

4）预处理工具

预处理工具如表 8.5 所示。

表 8.5　预处理工具

	传感器信息工具: 在所收集的数据上添加传感器信息
	坏波段选择工具: 允许用户从数据分析中去除坏波段
	光谱子集: 允许用户只关注所需要进行分析的具体数据波段
	空间子集工具: 可以将所要处理的数据限制在较小的范围以便节省处理的时间
	大气校正工具: 去掉大气造成的影响，减少因大气影响可能造成反射光谱的质量减低
	最小噪声碎片工具: 提供了减小背景噪声的功能

5）运行工具

运行工具如表 8.6 所示。

表 8.6　运行工具

	当选中了一种操作模式时，必须单击该运行图标来设置操作参数

8.3　异常检测

异常探测指寻找并识别图像中光谱特征与其他占主导地位地物光谱明显不同的地物的过程。当一个地区既没有感兴趣的物质标志，周围的情况也不清楚时，要确定这个地区有没有特殊的物质就比较困难了。例如，在非居住地出现的车辆，在页岩沉积物中的热液岩层，或者在沙漠地带中的植被。在异常检测中，计算了异常掩膜后，可以利用视图擦除工具在影像中叠加显示掩膜图层，方便观察异常区域的在整个影像中所处的位置和所占面积。

8.3.1　简单异常检测

（1）打开异常检测工具。在 ERDAS IMAGINE 主窗口中，选择 Classifier 图标 | Classification | Spectral Analysis | Anomaly Detection，打开 Anomaly Detection Wizard 对话框（图 8.2）。

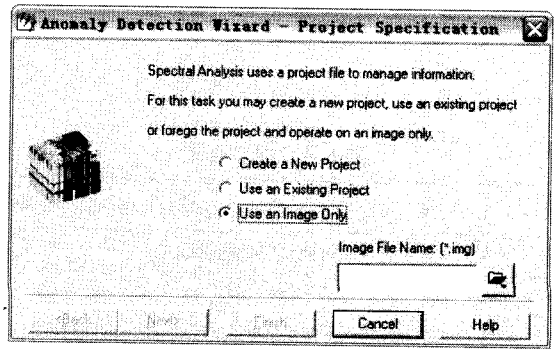


图 8.2　Anomaly Detection Wizard 对话框

（2）选择 Use an Image Only 选项，然后在 Image File Name 中单击浏览按钮，打开所需要的影选择输入文件（Image File Name）为…Chp8 \ Tutor \ cuprite _ aviris. img。

（3）单击 Next 按钮，选择 Yes/No，生成阈值范围内的输出影像文件：Threshold 值默认为 6.00，这里可以设置这个值为 3.00，当这个值较低时，影像中会检测出很多异常点，反之亦然。

（4）选择输出文件（Output File Name）为 cuprite _ ad _ th6. img，该文件将会保

存在默认的文件夹内，可通过点击主菜单 Session | Perference，打开 Perference Editor 对话框，在 Category 窗口，点击 User Interface &Session | Default Output Directory 查看到文件位置，若不想保存在默认文件夹，可以单击浏览按钮保存在别处。

(5) 单击 Finish 按钮，这时打开一个 Anomaly Detection 对话框，选择 Create Output File and Proceed to Workstation，单击 OK 按钮。

(6) 当处理完成后，光谱分析工作站打开，异常检测的掩膜会显示在输入影像 cuprite _ aviris. img 的上方，可看到黑色的背景上出现多个小面积的白色区域，这就是检测出的异常区域，见图 8.3。

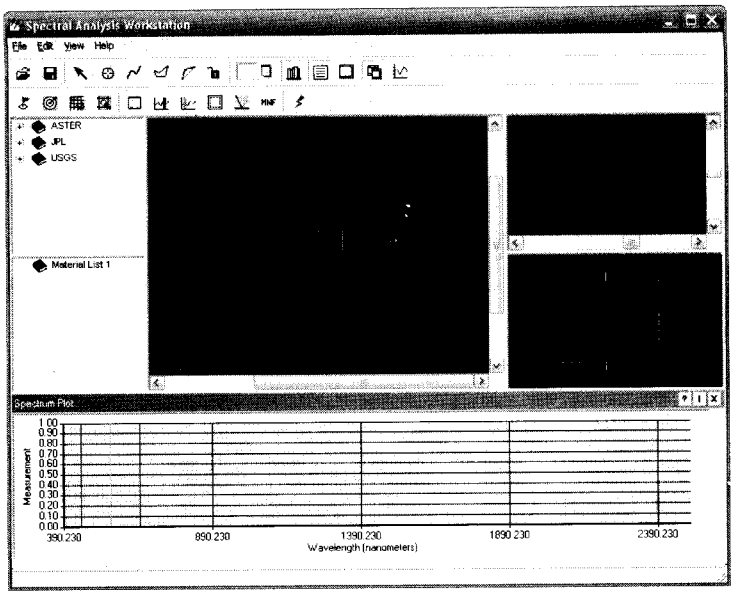


图 8.3 异常检测结果

(7) 在视图窗口中单击右键，打开 Swipe 工具，打开了 Viewer Swipe 工具，如图 8.4（左）所示。

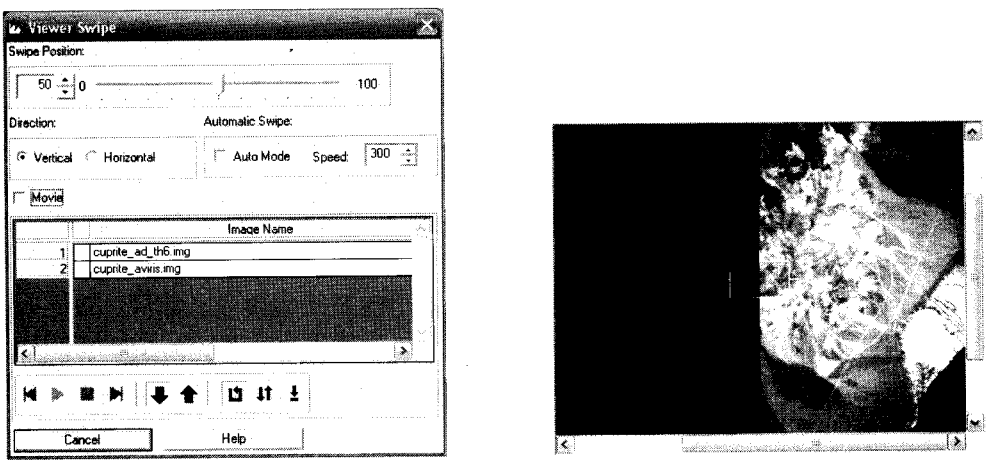


图 8.4 掩膜与原影像比例设置及其显示

(8) 在 Swipe Position 的拖动条上拖曳，可以改变掩膜和原影像的显示比例。例如，拖动到 50 的位置，显示效果如图 8.4（右）所示，使用 Swipe 便于对照查看异常区域。

8.3.2 坏波段检测

坏波段指的是数据集中，在数值上已经损坏或者被判定为损坏，而不能用来进行预处理和分析的数据层。在先前的影像分析中，数据集中所有的输入波段都参与运算。然而由于大气对特定波长的波段有所吸收，或者传感器探测等问题造成数据集中存在一些低信噪比或者被损坏的波段，这些波段称做坏波段。坏波段会导致计算失败或者降低计算结果准确性。为了避免这种情况，需进行坏波段检测处理，即利用坏波段选择工具，在影像数据集中筛选出损坏的波段。一旦坏波段被判定，该信息就会被带入到当前的工程文件中，可用于以后的影像分析。坏波段部分在工作站中的光谱图中显示为灰色区域，当检测出坏波段之后，可从分析中将坏波段移除。

1）选择输入影像文件

(1) 在 ERDAS IMAGINE 主窗口中，选择 Classifier 图标 | Spectral Analysis | Anomaly Detection 命令，打开 Anomaly Detection Wizard- Project Specification 对话框，选择 Use a Image Only 选项。

(2) 选择需要进行处理的文件仍为 cuprite _ aviris. img。

(3) 单击 OK 按钮，返回到 Anomaly Detection Wizard- Project Specification 对话框，单击 Next 按钮。

2）命名输出文件

选择 Yes/No 按钮生成一个有阈值的二值输出影像，默认阈值为 6.00；输入 cuprite _ ad _ bb. img 作为输出文件名；单击 Next 按钮。

3）鉴别坏波段

(1) 在 Anomaly Detection Wizard-Bad Band Specification 对话框中：选中 Exclude Bad Bands，单击右下角图标，打开 Bad Band Selection Tool 窗口（图 8.5）。

该窗口左上角为影像视图窗口，影像窗口右边为该波段的数据直方图，下方为各个波段的均值连续而成的曲线图，右边的列表则包含该影像中所有波段的属性信息。在平均曲线图的下方，分别有向前、停止及向后播放按钮，其播放的秒/帧比率可在 Seconds/Frame 栏中调节。

在波段列表下方的 Current Band 栏可以设置当前开始的波段，如从波段 42 开始。若点击向后播放按钮，将会以 1 秒/帧的速度逐个显示波段的影像、直方图和平均曲线。

通过观察影像和直方图中的异常现象来判断坏波段。如图 8.5 所示，波段 1 的直方图显示出很多的噪声，影像中也有很多噪声点，这样的波段将被判断为坏波段。图 8.6 中，波段 5 的直方图分布正常，不属于坏波段。

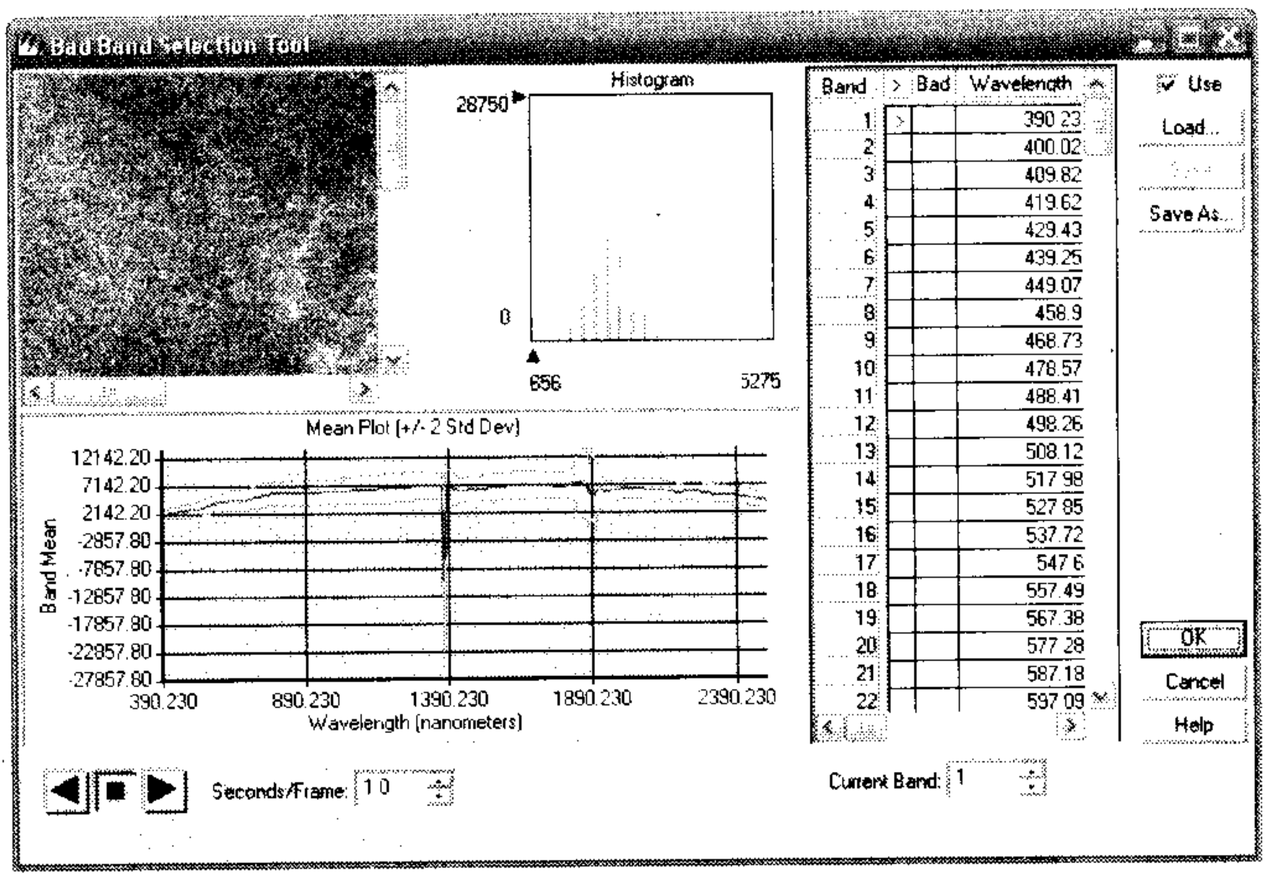


图 8.5　Bad Band Selection Tool 窗口

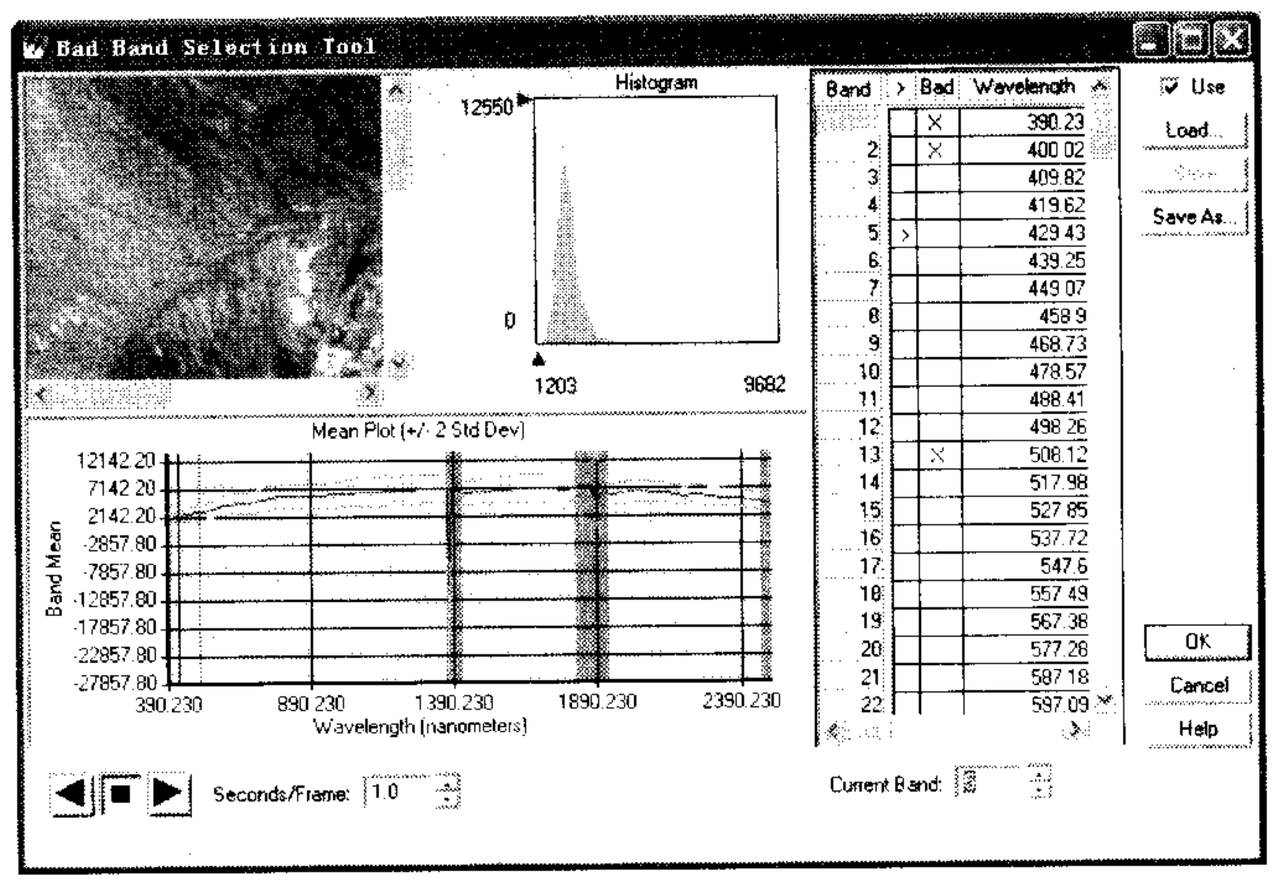


图 8.6　坏波段检测

（2）判断出一个波段为坏波段之后，在波段列表中该波段对应的 Bad 列上打上叉给以标记。

（3）经过观察后，使用 Shift 按钮选择波段 1、2、13、108～113、153～166、221～224为坏波段，并在 Bad 列中标记，所选中的这些坏波段将在曲线图中由荧光色标出（图 8.6）。

（4）这些坏波段的信息可以保存为一个 *.bbl 文件，便于以后的使用。单击 Bad Band Selection Tool 对话框的 Save As 按钮，将其保存为 aviris _ badbands.bbl。同时，必须确保窗口中的 Use 选框被选中。

（5）单击 OK 按钮，保存成功。返回到 Anomaly Detection Wizard-Bad Band Specification 对话框。

4）计算结果

（1）单击 Finish 按钮，弹出 Anomaly Detection 对话框。

（2）选中 Create Output File and Proceed to Workstation 复选框，单击 OK 按钮。当处理过程结束，光谱分析工作站也随之打开，异常掩膜显示在输入影像的顶端（图 8.7）。

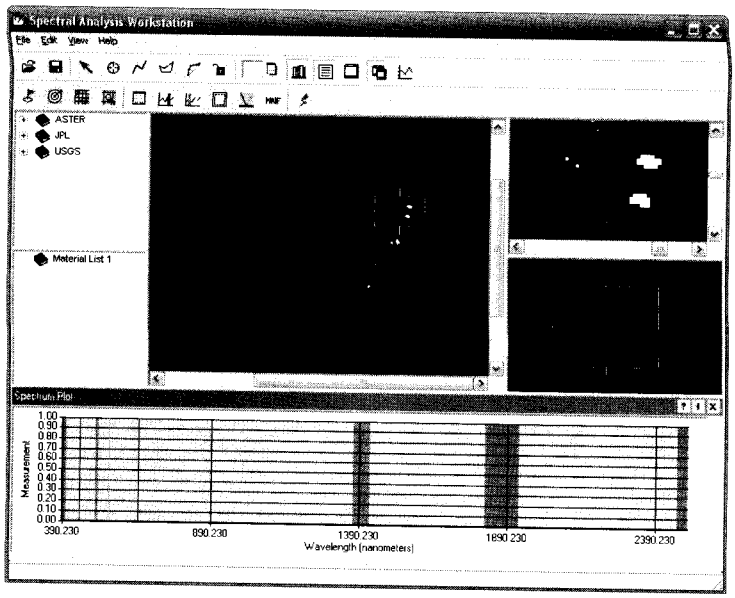


图 8.7　异常检测结果

5）分析结果

（1）在工作站中选择 File | Open Overlay 命令，选择在简单异常检测中生成的影像文件 cuprite _ ad _ th6. img。

（2）调整影像显示顺序。在主视图中右键选择 Arrange Layers，将 cuprite _ ad _ th6. img 至于影像的底部，单击 Apply 按钮。

（3）使用 Viewer Swipe 工具和 Arrange Layers 工具比较这两个异常检测结果（cuprite _ ad _ bb. img 和 cuprite _ ad _ th6. img）以及 cuprite _ aviris. img 影像。

比较两个结果时，注意到将坏波段从分析过程中去除后，检测到的异常区域范围较先前的大，是因为坏波段的存在破坏了之前分析的结果。这是从整个影像的光谱中估算出的异常情况，而对影像子集的分析则有可能找到更多的异常。此外，运用 OSP（Orthogonal Subspace Projection 正交子空间投影法，用于抑制背景信号而增强目标光谱的信噪比）操作也可能得到更好的结果。

8.4　目标探测

目标探测指利用从光谱库或其他图像中获得的某地物光谱为依据，在图像中寻找并

识别此类地物。一般情况下，这类地物在图像中的分布可能非常稀少，该功能就是在输入影像内搜索这类特定的、且在整个影像中所占比重很小的物质。

8.4.1 简单目标探测

(1) 在 ERDAS IMAGINE 主窗口中，选择 Classifier 图标 | Spectral Analysis | Target Detection 命令，打开 Target Detection Wizard-Project Specification 对话框。

(2) 在对话框中新建工程（Project File Name）为 target _ detection _ tour. iwp，选择分析影像（Image File Name）为… \ Chp8 \ Tutor \ cuprite _ aviris. img（图 8.8）。为了避免打开 Tutor 文件夹下的工程因为路径不统一而出错，请用户把光盘中的 Chp8 文件夹直接复制至 D 盘根目录下，通过 Use an Existing Project 打开。

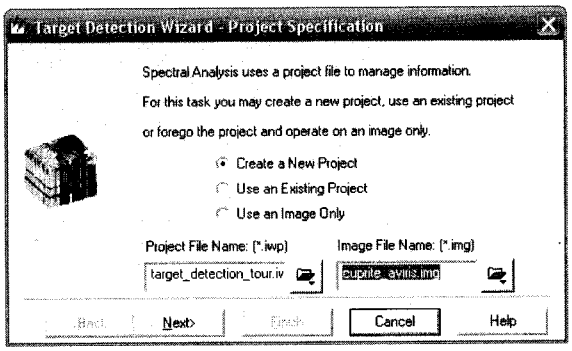


图 8.8 Target Detection Wizard-Project Specification 对话框

(3) 单击 Next 按钮，打开 Target Detection Wizard-Target Spectrum Selection 对话框。

(4) 在光谱库中单击右键，选择 Open a spectrum library file 命令，选择路径 D: \ Chp8 \ Tutor \ buddingtonite _ scenederived. spl 光谱库，返回对话框，选择该光谱库中的 buddingtonite _ scenederived. aoi 光谱，单击 Next 按钮进入下一步。

(5) 在对话框中选择 Yes/No 选项（为了将探测出的目标区域更清楚地表示出来，这里制定输出二值结果，白色为探测出的区域），使用阈值 6，设置输出文件名为 buddingtonite _ target. img。单击 Next 按钮进入下一步。

(6) 在此例中，目标信号（buddingtonite _ scenederived. img 和分析影像 buddingtonite _ target. img 来自同一个传感器 AVIRIS，所以不再需要进行传感器信息设置。目标信号和分析影像在 X 轴上必须有波长信息，而缺少传感器信息的影像在 X 轴上只有顺序数 1，2，3…，是不能用于分析的，由于这是简单的目标探测，不进行坏波段、定义子区域等一系列操作分析。

(7) 单击 Finish 按钮，在对话框中选择 Create Output File and Proceed to Workstation，单击 OK 按钮。图 8.9 的黑色背景上的多个小白斑即为探测出的目标物质。

(8) 在视图窗口中单击右键，打开 Swipe 工具，在 Swipe Position 的拖动条上拖

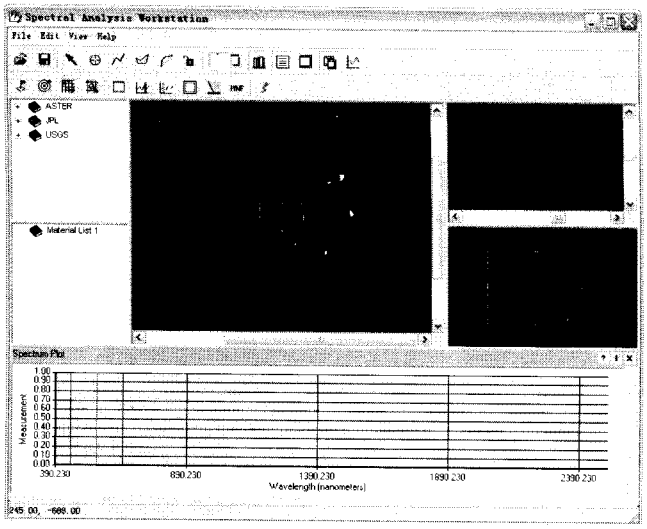


图 8.9　目标检测结果

曳，改变掩膜和原影像的显示比例为 1∶1，随后将拖动条慢慢拖到最右端，可以看到白色斑点对应在影像上的位置。

这只是目标探测中最简单的例子。然而在实际应用中，如果目标物体的信号无法从分析影像中提取，或者数据集里某些波段的信噪比很低，质量较差，就需要进行更复杂的分析，这时可以使用光谱库的信号来得到更为严密的分析结果。

8.4.2　使用光谱库信号的目标探测

在之前的分析中，在影像 cuprite _ aviris. img 中已经提取出了 Buddingtonite 目标光谱，然而通过背景提取（scene-derived）的光谱很可能包含混合像素。换句话说，这不是单纯矿物 Buddingtonite NHB2301 的光谱，同时包含了其他物质成分。

使用实验室提取的光谱或许能更好地绘制出该种矿物图。若要使用光谱库中的信号，或使用由其他传感器拍摄的影像，就有必要使用传感器信息来分析影像。

1）新建工程

（1）在 ERDAS IMAGINE 主窗口中，选择 Classifier 图标 | Spectral Analysis | Target Detection，打开 Target Detection Wizard-Project Specification 对话框。

（2）在对话框中新建工程（Project File Name）为 target _ detection _ lib. iwp，选择分析影像（Image File Name）为 cuprite _ aviris. img。

2）选择目标光谱

（1）单击 Next 按钮，打开 Target Detection Wizard-Target Spectrum Selection 对

话框。

(2) 在光谱库中单击右键，打开菜单，可以创建空的光谱库，打开光谱文件和标志文件。

(3) 打开光谱库 UCGS 的树列表，选择 Buddingtonite NHB2301 光谱，单击 Next 按钮进入下一步。

(4) 在对话框中选择 Yes/No 选项，默认值 6，命名输出文件名为 buddingtonite _ target _ lib. img，单击 Next 按钮进入下一步。

3) 添加传感器信息

(1) 在 Target Detection Wizard-Sensor Info Specification 对话框中，选择 Use Sensor Information 后，右下角出现 Click here to start the Sensor Information Tool 按钮，点击它便打开 Sensor Information Tool 对话框，见图 8.10，在 Sensor Name 中显示有传感器类型，每个波段的波长和带宽显示在列表中。

(2) 单击 OK 按钮，载入用于分析影像的波段-波长图的参数，返回 Target Detection Wizard - Sensor Info Specification 对话框。

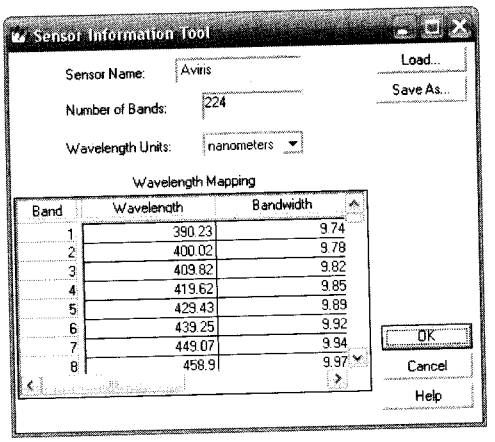


图 8.10 Sensor Information Tool 窗口

4) 鉴别坏波段

(1) 单击 Next 按钮，打开 Target Detection Wizard - Bad Band Specification 对话框，选择 Exclude Bad Bands 选项。

(2) 单击对话框右下的 Click the Bad Band Selection Tool 图标，该工具用于鉴别坏波段。

(3) 若鉴别出有坏波段，则将其标记出，这里可以单击 Load 按钮加载之前保存的坏波段文件 aviris _ badbands. bbl。

(4) 单击 OK 按钮，将该信息存入工程中，并且返回 Target Detection Wizard 对话框。

5) 计算结果

单击 Finish 按钮进入 Target Detection 对话框，单击 Create Output File and Proceed to Workstation 按钮随后单击 OK 按钮，如图 8.11 所示。

6) 比较结果

在光谱分析工作站中，选择 File | Open Overlay，选择先前在简单目标探测分析中得到的结果输出影像 buddingtonite _ target. img，单击 OK 按钮。可使用视图中的 Viewer Swipe 工具来比对两个目标探测得到的结果。

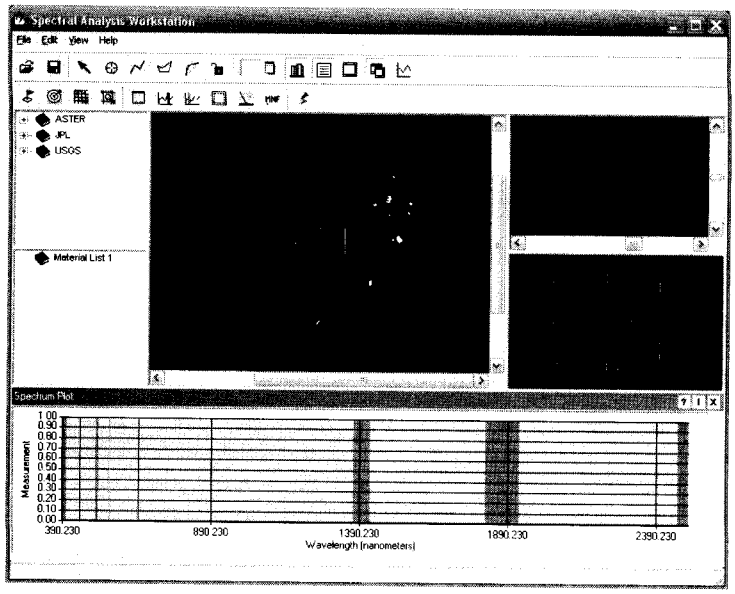


图 8.11　目标探测结果

7）添加覆盖图层

(1) 在光谱分析工作站中，选择 File | Open Overlay 命令，选择输入图像为…\Chp8\Tutor\cuprite_classified_map.img。该真实影像显示在目标掩膜和分析影像的上方。在分级图中，有三处显示为目标水铵长石，颜色被标记为粉色（图 8.12），坐标如下：

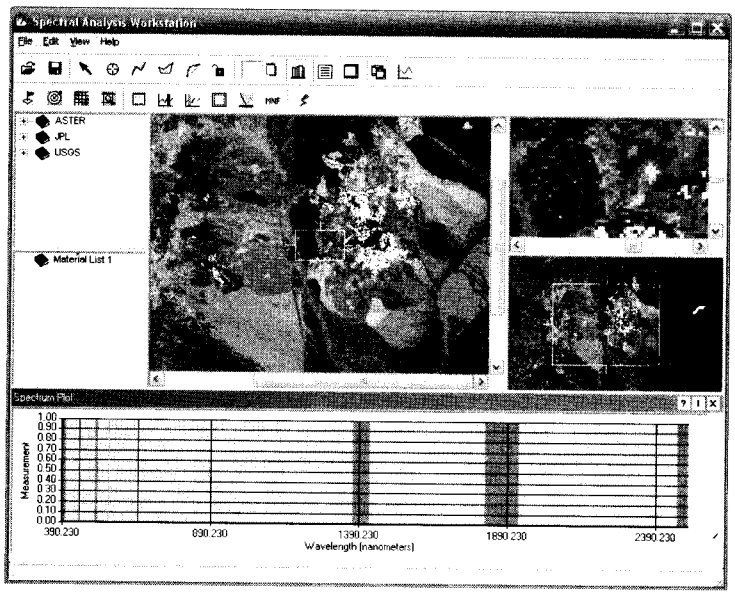


图 8.12　对比探测目标所得结果

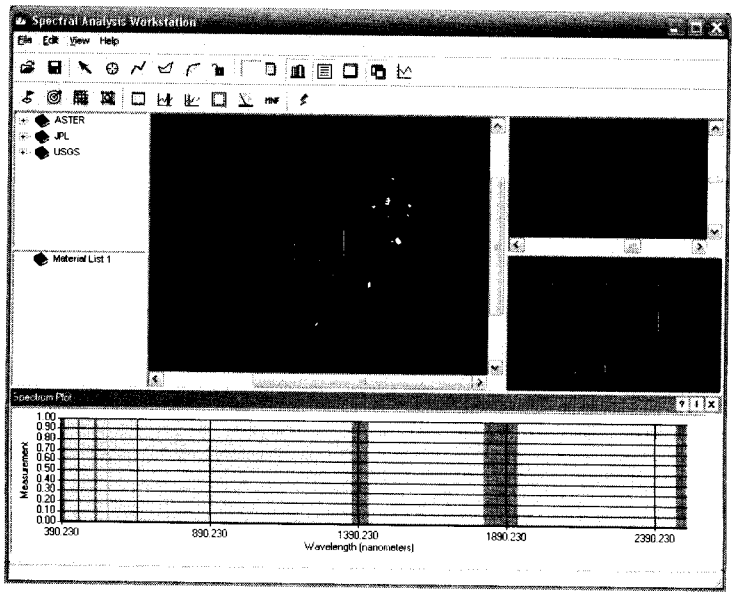


图 8.11　目标探测结果

7）添加覆盖图层

(1) 在光谱分析工作站中，选择 File | Open Overlay 命令，选择输入图像为…\Chp8\Tutor\cuprite _ classified _ map. img。该真实影像显示在目标掩膜和分析影像的上方。在分级图中，有三处显示为目标水铵长石，颜色被标记为粉色（图 8.12），坐标如下：

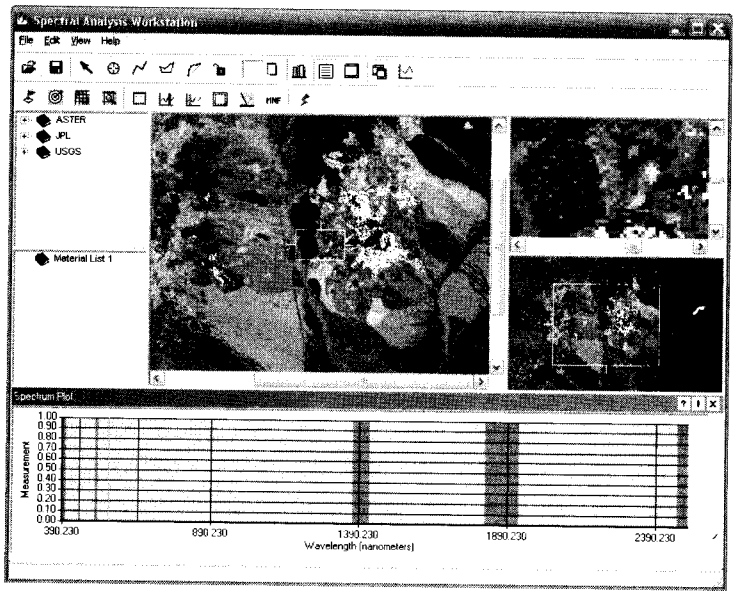


图 8.12　对比探测目标所得结果

- X：345，Y：215；
- X：344，Y：225；
- X：349，Y：231 。

可以单击右键选择 Inquire Cursor，使用探询指针来观察有水铵长石的三个区域。注意：务必保证 Inquire Cursor 对话框的坐标类型为 File 类型。

（2）在主视图窗口中单击右键，选择 Arrange Layers，打开 Arrange Layers Viewer 窗口（图 8.13）。

（3）在 Arrange Layers 对话框中，可通过拖曳图层来调整视图的图层顺序，单击 Apply 按钮应用。

（4）在主视图中单击右键选择 Zoom | Zoom In By 2，可以放大影像，看清细节。

（5）使用 Viewer Swipe 和 Arrange Layers 工具，针对真实影像来比较两个目标探测结果，即 buddingtonite _ target _ lib. img 和 buddingtonite _ target. img。

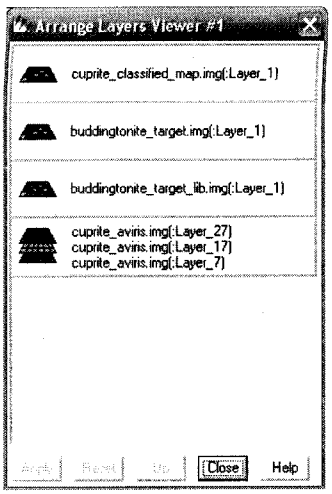


图 8.13 Arrange Layers Viewer 窗口

当目标探测的结果和真实影像不十分匹配时，可以通过使用 scene-derived 光谱（它是从更大范围的目标像素采样中提取的）来得到更精确的结果。

（6）在 Arrange Layers 对话框中将 cuprite _ classified _ map. img 移到最上方，单击 Apply 按钮。

（7）在 Viewer Swipe 对话框中单击 Cancel 按钮关闭对话框。这里要注意的是，两个目标探测结果虽然非常相似，但是并不完全一样，这是因为输入目标的信号不同，一个来源于 USGS 光谱库而另一个从影像的单个像素中提取所得。

8）比较光谱曲线图

（1）在光谱分析工作站的主库窗口中找到 USGS 光谱库下的 Buddingtonite NHB2301 光谱，将它拖动到工作站底部的光谱图中（图 8.14）。

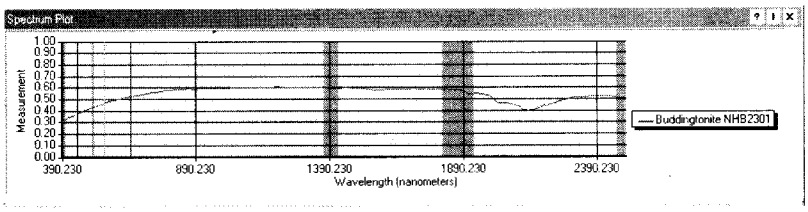


图 8.14 光谱曲线图

（2）光谱图显示水铵长石的光谱，将其添加到右边的图例中。

（3）右击图例，在菜单中可以选择 Legend Editor，即图例编辑器，来改变波长和转换光谱图图例中光谱的名称。

（4）当坐标类型为 Map 时，在 Map X 和 Map Y 分别输入地图范围内的坐标值，

可以将十字丝定到该坐标位置，输入的坐标值可能由于影像的重采样，会有微小的改动。

（5）影像会重新显示在放大视图中，十字丝定位于输入坐标值的位置。

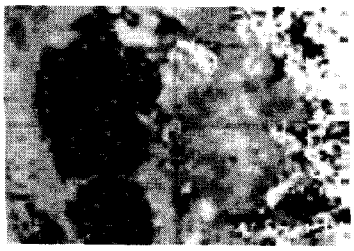


图 8.15　放大视图及十字丝定位

（6）在放大视图中单击右键选择 Zoom | Zoom in By 2 直到能清楚看见视图中查询光标的交叉点区域。

（7）在光谱分析工作站中，单击 Color Chooser 图标，选择蓝色。

（8）在主视图窗口中右击，打开 Inqure Cursor 工具，在 Map X 以及 Map Y 中输入坐标（373，-578），点击 Create Point 图标，然后单击放大视图中的十字丝交叉点，如图 8.15 所示。

（9）将该点标记为 Sample 1，它的光谱显示在光谱图中，如图 8.16 所示。

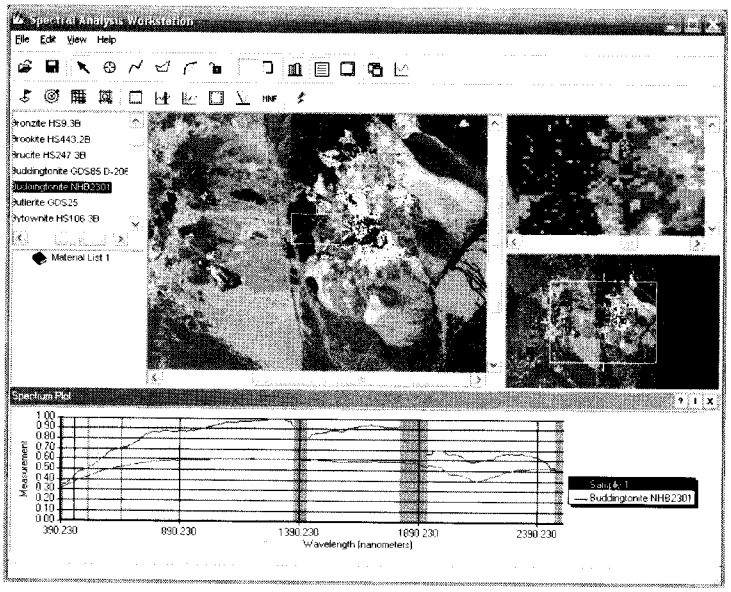


图 8.16　Sample 1 与 Buddingtonite NHB2301 的光谱曲线比较

9）改变光谱属性

在光谱图中的任意光谱属性都可以被改变：

（1）单击光谱图图例中的 Sample 1，右键打开菜单，选择 Spectrum Properties，打开 Sample 1 Properties 窗口。

（2）在 Name 文本框可以重命名光谱的名称为 budd _ scenederived，单击 OK 按钮。因为对话框名是基于光谱名称的，所以对话框的名称也随之改变。

（3）在图例上右键选择 Select None，比较来源于 USGS 光谱库的 Buddingtonite NHB2301 和 budd _ scenederived 两者的光谱图。

10）创建工作库

工作库的光谱可以直接应用于分析数据集，显示于工作站的 Working Library 窗口中。

（1）分别将光谱 Buddingtonite NHB2301 和 budd _ scenederived 拖拽到空白的 Material List 1 里，也可以右键在图例选项菜单里选择 Select All。

（2）点击 Material List 1，右键选择 Rename，改名为 Buddingtonite Spectra，单击 OK 按钮。

（3）点击工作库中 Buddingtonite Spectra，右键选择 Save As，保存为 buddingtonite _ spectra. spl，单击 OK 按钮。

现在这个光谱库文件就可以用于对水铵长石进行目标探测的分析了，两个 Buddingtonite 光谱在大于 1800 nm 的范围内非常相似，而在小于 1800 nm 范围内差别很大。因此用于判断分析的光谱特征是在大于 1800 nm 的范围内。

8.4.3 光谱子集

光谱构造子集只包括在目标探测分析中指定的光谱。

1）创建工程

（1）在 ERDAS IMAGINE 主窗口中，选择 Classifier | Spectral Analysis | Target Detection 命令，打开 Target Detection Wizard-Project Specification 对话框，选择 Create a New Project，新建工程（Project File Name）为 target _ detection _ specsub. iwp。

若要直接打开该工程，可把 Chp8 文件夹复制至 D 盘根目录下，通过 Use an Existing Project 打开。

（2）在 Image File Name 中选择 cuprite _ aviris. img，单击 Next 按钮，打开 The Target Detection Wizard -Target Spectrum Selection 对话框。

（3）打开 USGS 光谱库下的 Buddingtonite GDS85 D-206，按住 Shift 按钮选择 Buddingtonite NHB2301，单击 Next 按钮。

2）命名输出文件

（1）在 The Target Detection Wizard-Output Specification 对话框中点击 Yes/No 按钮生成一个有阈值的影像 image，设置阈值为 3.00。

（2）选择输出文件为 target _ specsub. img。

（3）在 Target Detection Wizard-Output Specification 对话框中单击 Next 按钮。

3）添加传感器信息

（1）单击 Use Sensor Information 选项，随后单击 Sensor Information Tool 图标 ，打开 Sensor Information Tool 对话框，Sensor Name 名称为 Aviris，这是与

Cuprite 数据集关联的传感器（图 8.17）。

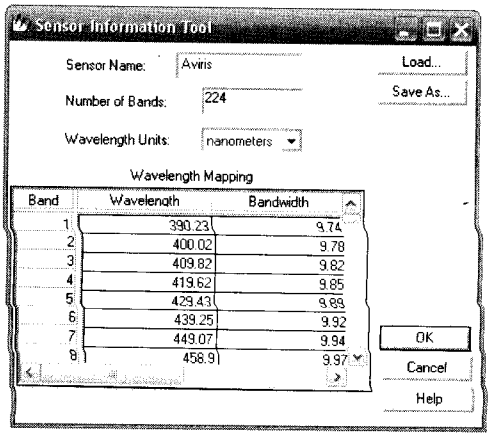


图 8.17　Sensor Information Tool 对话框

（2）在 Sensor Information Tool 对话框中单击 OK 按钮，返回到 Target Detection Wizard-Sensor Info Specification 对话框，并单击 Next 按钮。

4）鉴别坏波段

（1）在 The Target Detection Wizard-Bad Band Specification 对话框中单击 Exclude Bad Bands 按钮，随后单击 Bad Band Selection Tool 图标。

（2）单击 Load 按钮，打开 aviris _ badbands. bbl 文件，将之前保存的坏波段信息载入，单击 OK 按钮，把信息传输到工程中。

（3）单击 Next 按钮，打开 Target Detection Wizard-Spectral Subset Specification 对话框，从上一个实验得知，定位需要的波段为波长大于 1800nm 的范围。

5）光谱子集设置

（1）单击 Use Spectral Subset Tool 选项，然后单击 Spectral Subset Tool 图标。

（2）选中波段 1～150，注意相对应的平均曲线图中的高亮部分，如图 8.18 所示。

（3）单击波段 1～150 中任意一个波段的 Omit 栏，选中的波段范围便会被写上 Omit 标记。

注：在执行该操作之前就被已经标记为 Omit 的波段（如坏波段），其属性不会改变。

（4）单击 OK 按钮。

6）比较结果

（1）单击 Finish 按钮后选中 Create Output File and Proceed to Workstation 按钮，单击 OK 按钮。

（2）处理过程结束后，光谱分析工作站被打开，目标掩膜就显示在分析影像的最顶

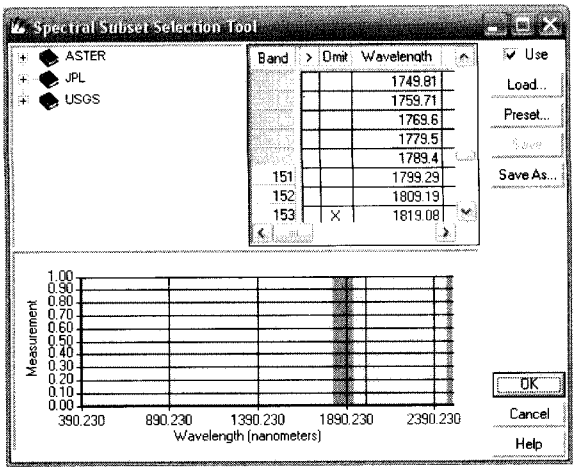


图 8.18　Spectral Subset Selection Tool 对话框

层。cuprite _ aviris. img（图 8.19）。

7）计算结果

（1）在工作站主菜单中选择 File | Open Overlay，打开 cuprite _ classified _ map. img，这是用于目标探测结果分析的真实影像，单击 OK 按钮。

（2）使用 Viewer Swipe 和 Arrange Layers 工具比较输出文件 target _ specsub. img 和真实影像 cuprite _ classified _ map. img。

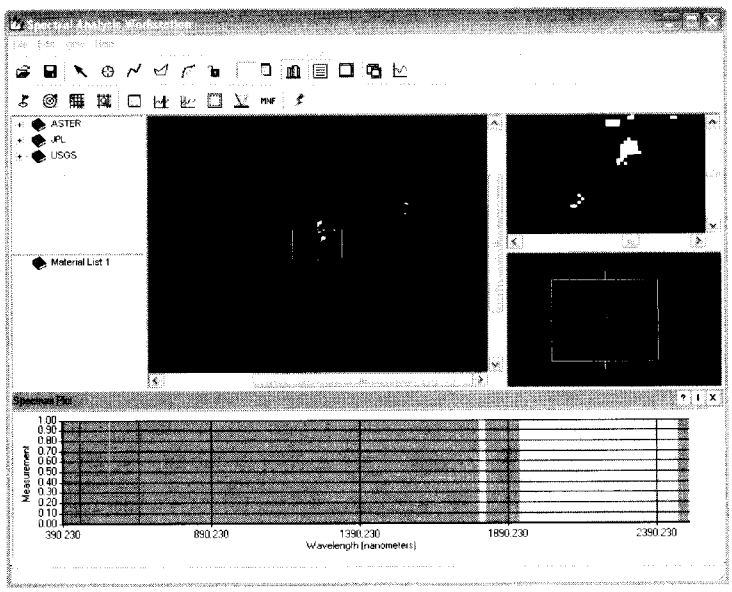


图 8.19　光谱子集分析的光谱分析工作站

8）比较结果

（1）在光谱分析工作站中选择 File | Open Overlay 命令，打开 buddingtonite_target. img，单击 OK 按钮。

（2）使用 Viewer Swipe 和 Arrange Layers 对话框对比两个目标探测的结果。

9）添加覆盖图层

（1）在光谱分析工作站中选择 File | Open Overlay 命令，选择 cuprite_classified_map. img 单击 OK 按钮。

（2）使用 Viewer Swipe 和 Arrange Layers 工具比较两个输出文件同真实影像之间的差别。

10）结论

比较两个目标探测结果，它们之间非常相似。这时所得到的结果与真实影像之间具有很好的对应性，即说明选择波长大于 1800nm 的波段进行分析更有利于绘制出这些物质区域。

8.5 物质识别

物质识别：通过与一组已知的候选光谱进行比较，它和哪类光谱最相似，则识别为此类物质。其应用与目标探测相反。

8.5.1 简单物质识别

1）打开工作站

（1）在 ERDAS IMAGINE 主窗口中，选择 Classifier 图标 | Spectral Analysis | Spectral Analysis Workstation 命令，打开光谱分析工作站。

（2）单击工作站右上方的最大化按钮，并调整光谱图的大小令它占整个工作站界面一半的空间。

2）打开分析影像

（1）在工作站的主菜单栏中，选择 File | Open Analysis Image 命令，选择输入文件为…\Chp8\Tutor\cuprite_aviris. img，单击 OK 按钮。

（2）在工作站的主菜单栏中，选择 View | Preset RGB Combinations | True Color 命令。

（3）分析影像按照波段的真彩色组合显示在光谱分析工作站中，见图 8.20。

3）鉴别坏波段

鉴别坏波段将有助于改进物质识别的结果。

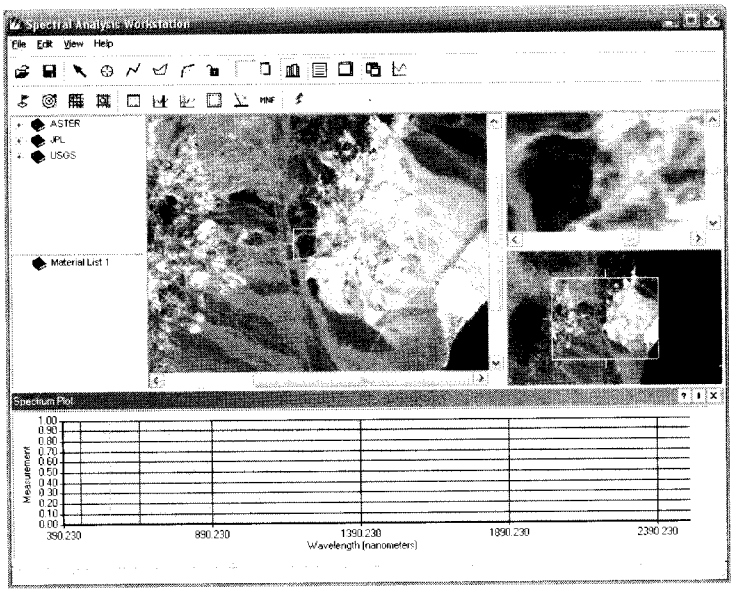


图 8.20　光谱分析工作站

在工作站的工具栏中单击 Bad Band Selection Tool 图标。使用 Bad Band Selection 工具标记波段 1，2，13，108～113，153～166，221～224 作为坏波段，或者单击 Load 按钮并选择之前在坏波段检测时保存的波段数据 aviris _ badbands. bbl（随书光盘…\Chp 8\Tutor）也能达到同样目的。

4）创建工作库

（1）在主库窗口打开 USGS 光谱库，按下 Shift 按钮，选取 Alunite 相关的所有波段。用鼠标将它们拖曳到 Material List 1 中，这样所有明矾石的光谱就被拷贝到了 Material List 1 下面。

（2）在 Material List 1 上单击右键，选择 Rename。在 Rename Spectrum Library 对话框中，输入名称 Alunites，单击 OK 按钮。

（3）回到主库窗口，打开 JPL 光谱库，按下 Shift 键，选中所有 Alunite 光谱。

（4）用同样的方法将其拖曳入 Alunites 光谱库中。

5）保存光谱库

在 Alunites 上右键选择 Save As，将光谱库保存为 alunite _ matid. spl，单击 OK 按钮保存成功。现在这个光谱库就可以作为物质识别的候选光谱库了，在第 22 步骤执行物质识别的时候，Alunites 光谱库必须处于被选中的状态下，以便实行物质鉴别。

6）鉴别样本

（1）在放大视图中单击右键选择 Inquire Box，在对话框的 Box Color 中单击 Color Chooser 图标，选择红色，单击 Apply 按钮，关闭 Inquire Box 对话框。

(2) 在放大视图中右键选择 Inquire Cursor，在 Inquire Cursor 对话框输入以下地图坐标：X，232；Y，－698。由于影像重采样，输入后的值会有细微的改变。

(3) 在放大视图窗口中右键选择 Zoom | Zoom In By 2，直到能看清查询光标所在的确切像素（图 8.21）。

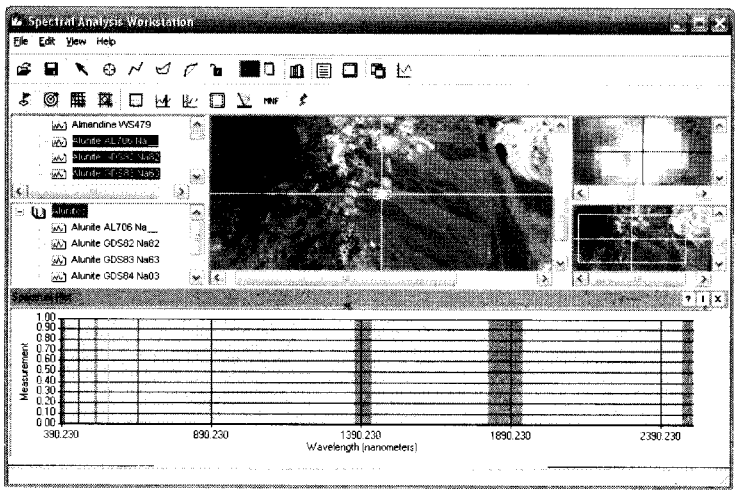


图 8.21　识别样本的采集

7) 物质识别

(1) 在菜单栏中，单击颜色选择图标，设置为红色；单击 Create Point 图标，选中地图像素位于坐标（232，－698）的点，这时关闭步骤 17 所打开的 Inquire Cursor 对话框，该点在三个视图中都被标出，如图 8.22 所示。

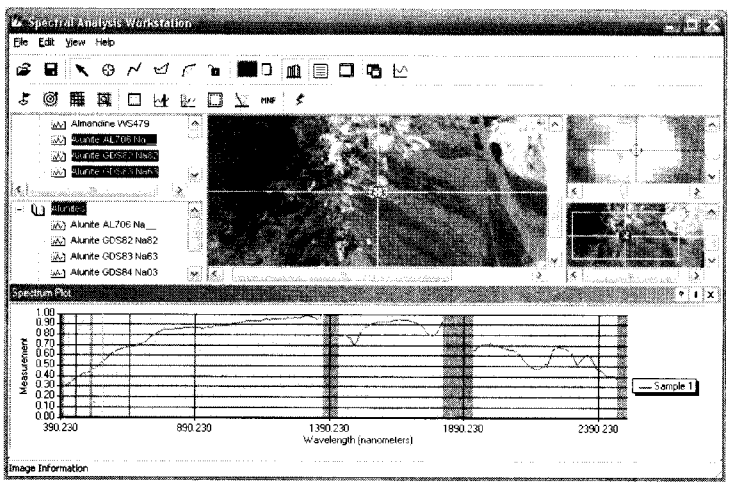


图 8.22　物质的识别

(2) 在 Spectral Analysis Workstation 中单击 Material Identification 图标，物质识别光标显示在光谱分析工作站中。

(3) 单击物质识别查询光标的十字丝并拖动该光标，将其移动到 Sample 1 点的位置，尽量使十字丝的中心与 Sample 1 点的中心重合。

8) 执行物质识别

(1) 单击 Run 图标，开始物质识别，打开 Material Identification Options 对话框，如图 8.23 所示。

(2) 在 Rank the Best 后输入在 Alunites 工作库中所创建的 Alunite 光谱数量 6，单击 OK 按钮物质识别生成一个单元列表，显示在光谱工作站的底部，如图 8.24 所示。

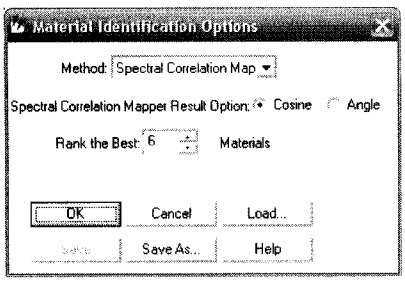


图 8.23 Material Identification Options 对话框

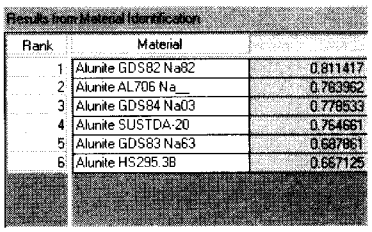


图 8.24 物质识别的单元列表

在单元列表中，可以看到哪个 Alunite 光谱和在分析影像中选取的样点光谱最为相似，这些光谱按照相似程度的好坏从上至下排列。

(3) 在 Alunites 工作库中，单击光谱 Alunite GDS82 Na82，将其拖拽至光谱图中。

(4) 在 Alunites 工作库中，单击匹配度最差的光谱 Alunite HS295.3B，也将其拖曳至光谱图中，如图 8.25 所示。

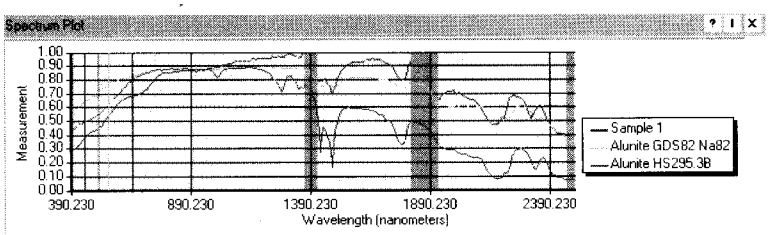


图 8.25 光谱曲线对照图

9) 输出结果

(1) 在物质识别结果列表的 Material 列的标题栏上右键，打开菜单，选择

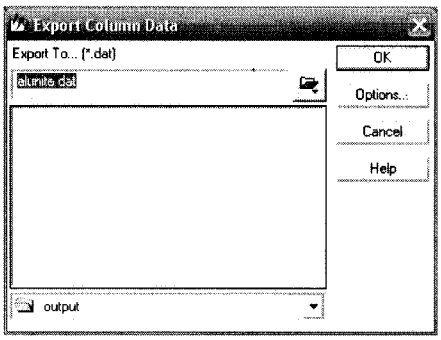


图 8.26　Export Column Data 对话框

Export 工具，将其保存为 alunite.dat 文件，单击 OK 按钮，如图 8.26 所示。

(2) 简单物质识别操作之后，便可继续下一步光谱子集工具的使用。

这个简单的练习主要目标是在分析影像中选择一个像素，并在整个影像中鉴别相似区域。

8.5.2　使用光谱子集工具

光谱子集工具主要是对某一范围内的光谱进行如目标探测、物质识别等操作，由于去掉了对分析用处不大的光谱段，使用光谱子集工具可能得到更精确的分析结果。要进入以下部分，必须首先完成以上简单物质识别的操作。

1) 估算光谱

(1) 单击 ASTER 成果库中的 Alunite (ammonioalunite) $NH_4Al_3(SO4)_2(OH)_6$，将其拖拽至光谱图，如图 8.27 所示。

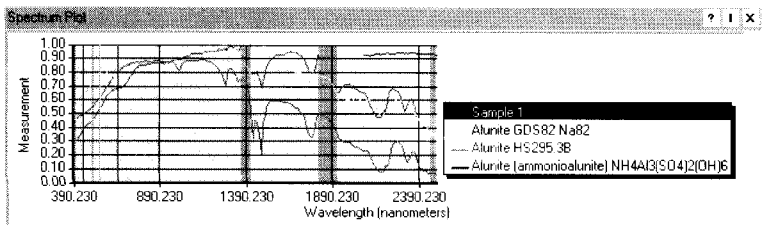


图 8.27　光谱曲线对照图

(2) 选中 ASTER Archive Library 中所有的 Alunite 光谱，将所有光谱拖拽至 Alunites 工作库。

(3) 右键单击 Alunites 工作库，选择 Save 保存 Alunites 工作库，现矿物明矾包含 22 个光谱。

2) 子集光谱

光谱子集选择工具和坏波段选择工具有一些相似之处，都允许用户给特定的波段作上标记，用于分析。

(1) 在光谱分析工作站中单击 Spectral Subset Selection 图标，打开 Spectral Subset Selection Tool 对话框（图 8.28），可以在里面选择具体波段用于物质识别。

(2) 在波段列表中选中波段 182～224，在 Band 列中右键选择 Invert Selection，结果如图 8.29 所示。

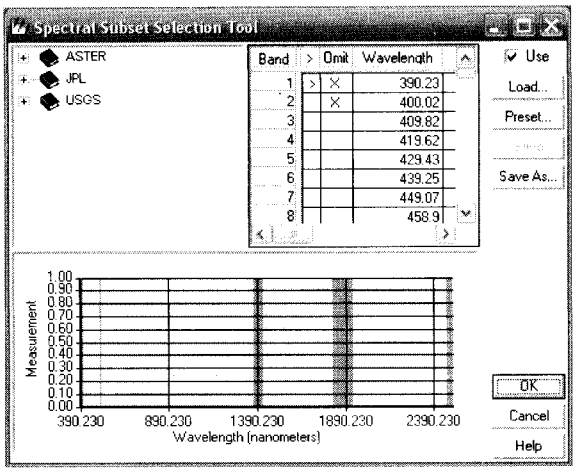


图 8.28　Spectral Subset Selection Tool 对话框

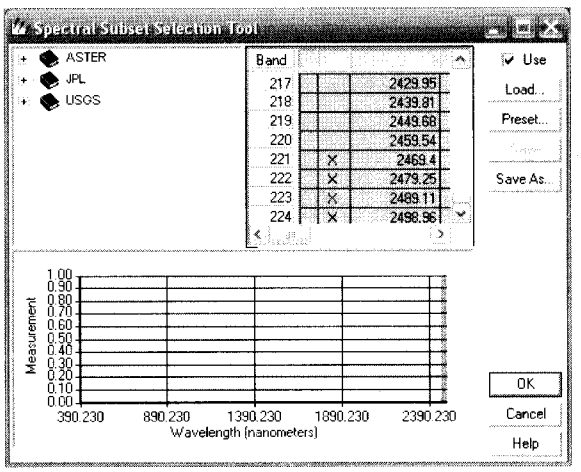


图 8.29　波段列表中选中所需波段

(3) 单击任何在高光部分的 Omit 单元省略所有选中波段。

注意：由于使用了坏波段选择工具，有些波段已经从分析过程中被省略，使用光谱子集选择工具并不影响这些波段的状态。

(4) 在波段列中右键选择 Select None，如图 8.30 所示。

(5) 单击 OK 按钮将信息传送到工作站。

3) 执行物质识别

(1) 在工作库窗口中选中 Alunites 光谱库，单击 Execute 图标 初始化物质识别。

(2) 在 Material Identification Options 对话框中的 Rank the Best 后输入 Alunites 工作库中的光谱数目 22，单击 OK 按钮开始识别。

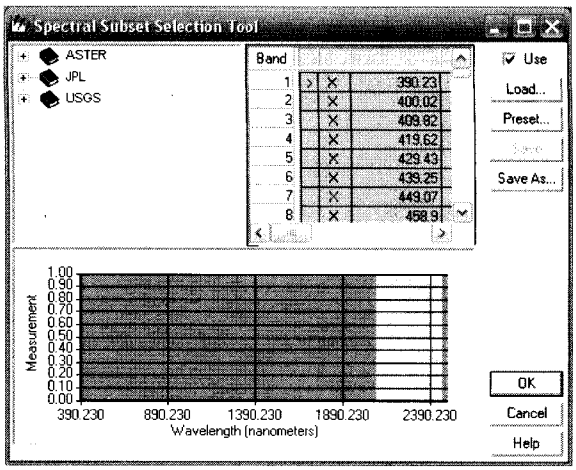
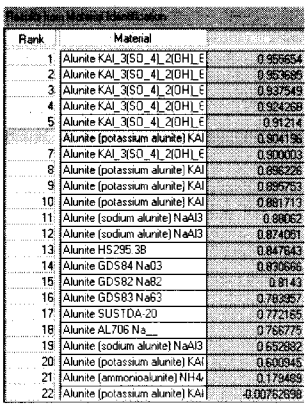


图 8.30　Spectral Subset Selection Tool 对话框设置结果



Rank	Material	
1	Alunite KAl_3(SO_4)_2(OH)_6	0.956654
2	Alunite KAl_3(SO_4)_2(OH)_6	0.953695
3	Alunite KAl_3(SO_4)_2(OH)_6	0.937549
4	Alunite KAl_3(SO_4)_2(OH)_6	0.924269
5	Alunite KAl_3(SO_4)_2(OH)_6	0.91214
	Alunite (potassium alunite) KAl	0.904196
7	Alunite KAl_3(SO_4)_2(OH)_6	0.900003
8	Alunite (potassium alunite) KAl	0.896226
9	Alunite (potassium alunite) KAl	0.895753
10	Alunite (potassium alunite) KAl	0.881713
11	Alunite (sodium alunite) NaAl3	0.88062
12	Alunite (sodium alunite) NaAl3	0.874061
13	Alunite HS295.3B	0.847643
14	Alunite GDS84 Na03	0.830666
15	Alunite GDS82 Na82	0.8143
16	Alunite GDS83 Na63	0.783957
17	Alunite SUSTDA-20	0.772185
18	Alunite AL706 Na__	0.766775
19	Alunite (sodium alunite) NaAl3	0.652882
20	Alunite (potassium alunite) KAl	0.600945
21	Alunite (ammonioalunite) NH4A	0.179469
22	Alunite (potassium alunite) KAl	-0.00752698

图 8.31　物质识别结果

4）估算结果

结果显示在单元数组中，如图 8.31 所示。注意观察与样点最匹配和最不匹配的光谱。

（1）选中并点住最匹配光谱，将其从 Alunites 工作库中拖入光谱图，如图 8.32 所示。

（2）图表的选项可以修改，从而改进图的显示方式。方法为在光谱图上右键选择 Chart Options，打开 Chart Options 对话框，在 X Axis 选项卡中把 X 轴的最小值改为 2000（图 8.33），应用后可以从光谱曲线图中看出，所有的光谱曲线的最小值都变大了，从而拉伸了 2000 以上的光谱曲线，更利于多个曲线之间的对比（图 8.34）。

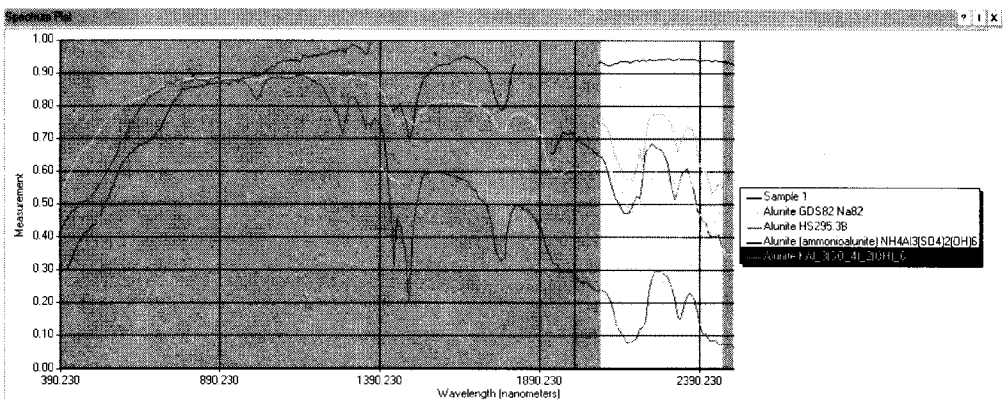


图 8.32　光谱曲线对照图

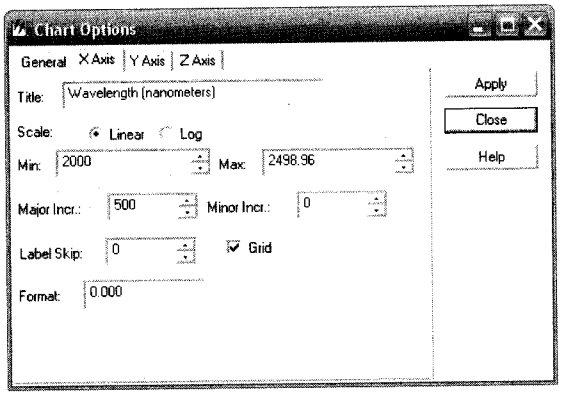


图 8.33　Chart Options 对话框

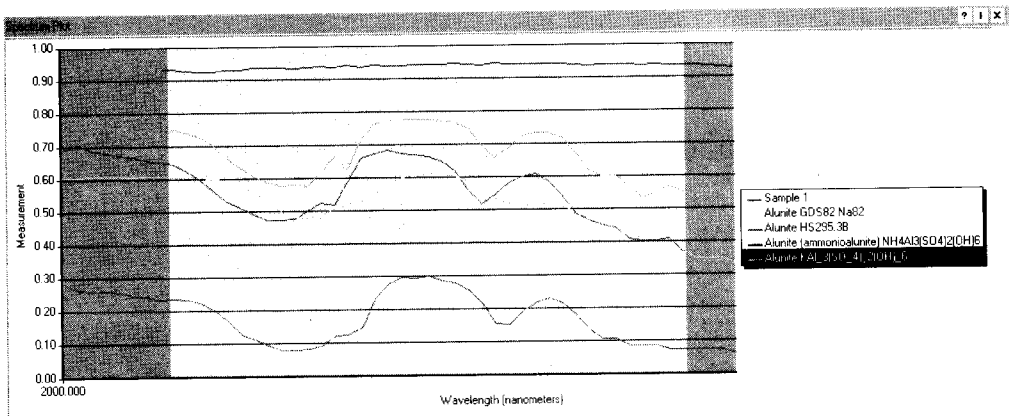


图 8.34　最小值增大后的光谱曲线

5）结论

由此看来，使用光谱子集选择工具，可以更好地控制结果的精度。

8.6　最小噪声比率变换

在进行某些分析过程中，有时需要增强分析影像的信噪比。例如，数据集的信噪比较接近目标探测点，增强信噪比就有助于产生较为精确的分析结果；或者感兴趣物质由于大气吸收作用，在某一光谱区域中的特征吸收波段质量降低，这时需要增强信噪比以帮助分析。最小噪声比率变换，也称 MNF 变换（Green，et al，1988）是一种调整噪声的主成分变换，它估计和均衡每个图像波段中的噪声量，以确保输出成分是按它们占图像内容的总量来排序的。

最小噪声比率变换可以通过两种方法来进行：全自动方法，交互半自动方法。在全自动模式下，分析者只需做出一些基本的流程决策，这些决策被存储在 *.iwp 文件中。当实际分析计算时，这些参数用于定义 MNF 过程的步骤，但分析者是看不到 MNF 影

像的，而在交互模式下，分析者可以看到 MNF 影像和特征值，并决定哪些 MNF 图是有用的，而哪些是噪声。

8.6.1 自动模式

在 ERDAS IMAGINE 主窗口中，选择 Classifier 图标 | Spectral Analysis Spectral Analysis Workstation 命令，打开光谱分析工作站。

1）定义输入文件

（1）将实验数据 Chp8 文件夹复制到 D 盘根目录下，在光谱分析工作站的主菜单中，打开 File | Open Project，选择 D：\ Chp8 \ Tutor \ cuprite _ tour. iwp，打开工程。

（2）单击 Spectral Subset Selection 图标，取消检查栏中 Use 的选项，单击 OK 按钮。

（3）击 MNF 图标 MNF，打开最小噪声比率变换工具，如图 8.35 所示。

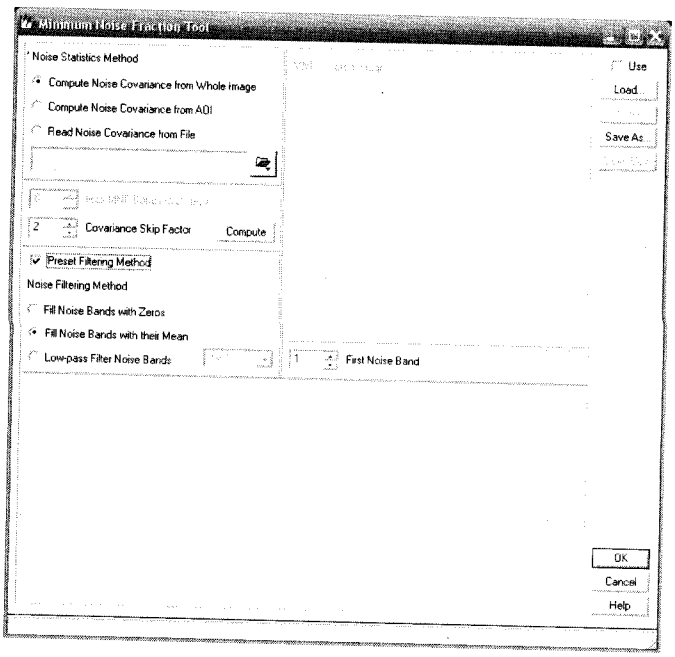


图 8.35 Minimum Noise Fraction Tool 对话框

2）设置 MNF 选项

（1）选中 Noise Statistics Method 中的 Compute Noise Covariance from Whole Image 选项，使用整个影像参与分析，将 Covariance Skip Factor 个数设置为 2。

常用于定义影像噪声的方法有三种：从整个影像计算噪声矩阵、从 AOI 感兴趣区

计算噪声矩阵，以及从已有文件中读取噪声矩阵（见图 8.35）。其中，前两者主要依赖于影像本身和分析者对影像的认知程度。这一步用于量化影像本身的潜在的噪声成分。一般是从影像的一个同质子集中计算噪声统计量，并假设整个影像的噪声统计分布和这个子集相同，前两者都是使用这种方法计算噪声统计值。第三个选项 Read Noise Covariance from File，允许分析者调用以前生成的将噪声统计值保存为一个矩阵文本的文件（*.mtx）。

Noise Statistics Method 栏中默认为整个影像计算噪声矩阵（Compute Noise Covariance from Whole Image）。在全自动模式中，Max MNF Bands to Display 选项忽略，不用设置。

Covariance Skip Factor 为增量微调设置。该因子用于设置采样格网，其参数的大小是由影像或者感兴趣区域的大小和影像本身的特性决定的。由于我们用了整个影像参与分析，包括了 1/4 的像素（行列分别隔一个取像素），数量上认为其统计是有效的。

（2）选中 Preset Filtering Method 选项，并选择 Fill Noise Bands with their Mean，右下侧的 First Noise Band 被设置为 1，保持该默认设置。这个参数定义了 MNF 图层会被确定为信息层还是噪声层，单击 OK 按钮。

MNF 转换波段将被分成两类：信息层和噪声层。分析者必须判定出噪声层，并在进行逆 MNF 变换之前对噪声层进行处理。处理方法有三种：

① Fill Noise Bands with Zero：指把所有定义为噪声层的数据层转换为数据为 0 的图层。一般不建议使用这个方法，因为将大量的数据值用零值代替会导致数据集光谱失真。

② Fill Noise Bands with Their Mean：指把所有定义为噪声层的数据层转换为该数据层的平均数值图层。这种方法也会造成一定的光谱失真，但是失真的程度要小于上一种方法。

③ Low-pass Filter Noise Bands：操作一个低通移动窗口过滤每个噪声 MNF 图层（在进行逆 MNF 变换之前）。这个操作能最小化噪声过滤造成的光谱失真，但同时也会使最小噪声减少。选择该选项会激活移动窗口，大小增量较大的移动窗口会产生较强的噪声抑制作用。

操作完成后，所选择的参数被保存在 iwp 文件中用于分析计算。在实际分析中，MNF 过滤是作为计算的一个中间步骤完成的。

3）生成结果

（1）在光谱工作站选择 View | Preprocess | MNF 命令，在 iwp 文件中已经被定义好的过程操作的顺序列表将会显示出来。选择列表中的其中一步，如 MNF，得到的中间影像将显示在光谱工作站中，如图 8.36 所示。

新数据集波段数目少于输入影像的波段数目，是因为此时坏波段已经不被包括在内。

（2）在工作站中选择 File | Save Preprocessed Image 命令，输入文件名为 mnf_auto.img，单击 OK 按钮。

（3）如果有弹出对话框提示是否要生成金字塔，选择否；提示是否要生成

footprint，选择否。

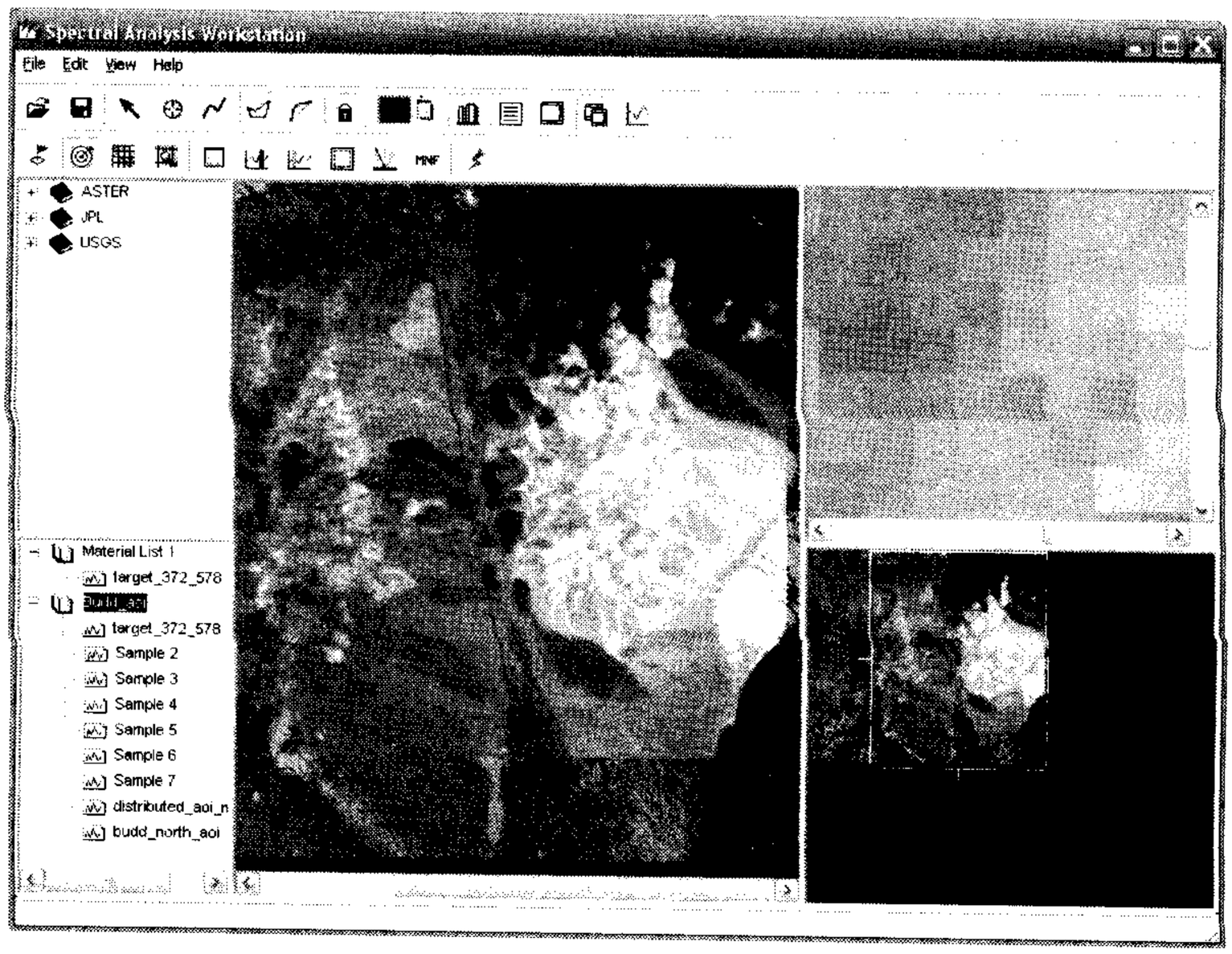


图 8.36　光谱分析工作站

（4）在主视图中单击右键选择 Arrange Layers 命令，在 MNF 影像 mnf _ auto. img 单击右键选择 Band Combinations。

（5）把 MNF 的过滤图层波段改为别的不同波段，如 25，单击 Apply 按钮，关闭 Band Combinations 对话框。结果显示在工作站窗口中。

（6）在主视图中右键，选择 Swipe，并在 Arrange Layers 对话框中，将图层 cuprite _ aviris. img 拖动到 mnf _ auto. img 下方，单击 Apply 按钮。

（7）视觉上对比分析影像 cuprite _ aviris. img 和 MNF 过滤影像 mnf _ auto. img。

（8）在 Viewer Swipe 对话框中单击 Cancel 按钮，并关闭 Arrange Layers 对话框。

4）比较结果

（1）比较所选点在最小噪声比率变换过滤前后光谱的不同来进行分析评估。为了便于比较，可以打开两个光谱分析工作站窗口。

（2）在光谱分析工作站的主菜单中选择 File | New 命令，打开新的工作站，在新的光谱分析工作站的主菜单中选择 File | Open Analysis Image 命令，选择输出文件为 mnf _ auto. img，单击 OK 按钮。

（3）在两个光谱工作站中，使用查询光标并且使用 Create Point 图标选择两个相同位置的像素，如在地图坐标为（232，－698）的 Alunite Hill。

现在从视觉上就可以看出最小噪声比率变换过滤的影响。如图 8.37 所示，检查光谱图中不同的标志，上图显示了从分析影像 cuprite _ aviris. img 中提取出的明矾石标志，下图显示了从 MNF 过滤影像 mnf _ auto. img 中提取出的明矾石标志。

（4）选择 File | Close All 命令，关闭光谱工作站。

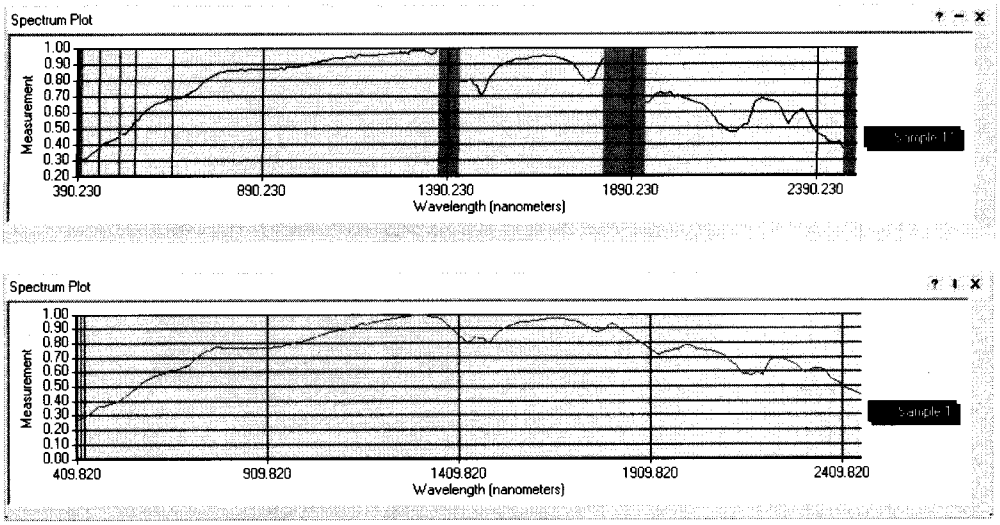


图 8.37　光谱分析曲线

这个例子阐述了如何快速产生最小噪声比率变换影像用于分析。移除噪声波段在很大程度上能够改进分析结果。

8.6.2　交互模式

在交互模式下，可以在运行程序之前就能看到 MNF 的影像图层，因此允许分析者判断哪些波段是噪声波段，并在分析中剔除。

1）定义输入文件

(1) 在 ERDAS IMAGINE 主窗口中，选择 Classifier 图标 | Spectral Analysis | Spectral Analysis Workstation 命令，打开光谱分析工作站。

(2) 在菜单中点击打开按钮，打开工程为… \ Chp8 \ Tutor \ cuprite _ basic. iwp。

(3) 在主菜单中选择 View | Preset RGB Combinations | True Color 命令。

(4) 单击颜色选择图标，选红色。

(5) 单击多边形 AOI 图标，在影像中截取一块区域。

(6) 确保选择图标处于被激活状态，在 AOI 区域中单击将其选中。

(7) 选择 File | Save Selectors To AOI File 命令，保存 AOI 为 cuprite _ aoi _ mnf. aoi，单击 OK 按钮。

2）设置 MNF 选项

(1) 在光谱分析工作站（图 8.38）中单击 MNF 图标，打开 Minimum Noise Fraction Tool 对话框（图 8.39）。

(2) 选择 Compute Noise Covariance from AOI，打开创建的 AOI 文件，cuprite _

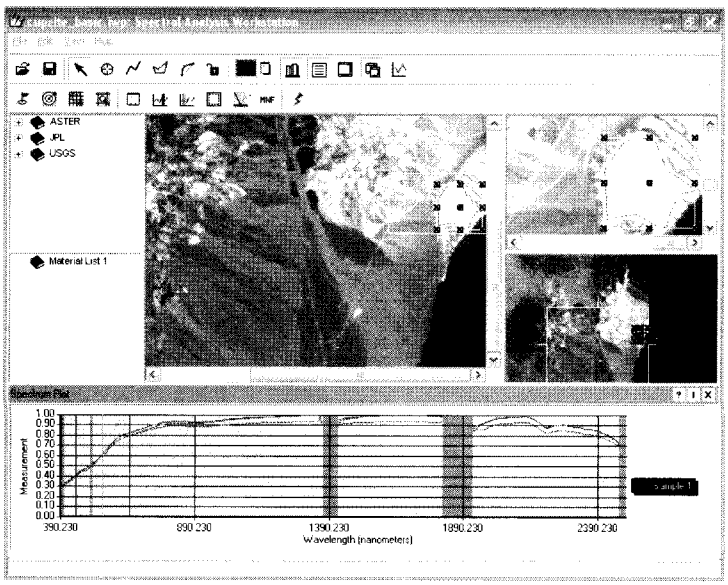


图 8.38　光谱分析工作站

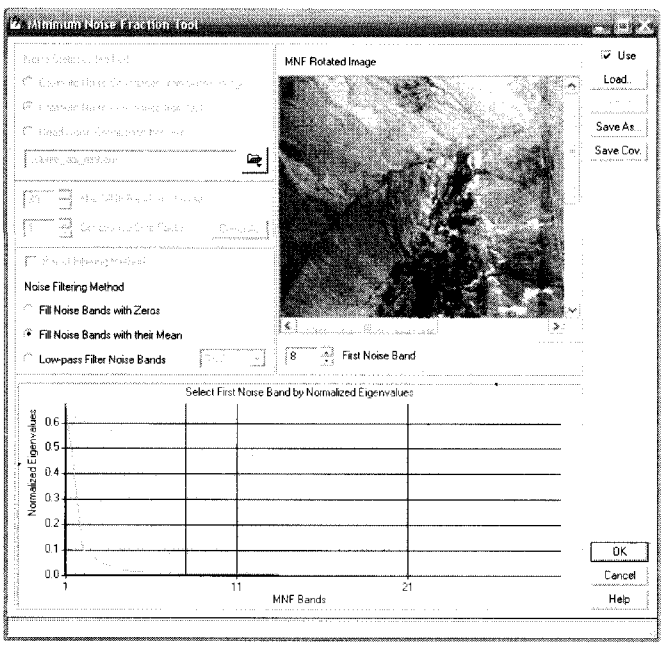


图 8.39　Minimum Noise Fraction Tool 对话框

aoi _ mnf. aoi。

(3) 把最大 Max MNF Bands to Display 选项值设置为 30，若是 AVIRIS 影像，这个数值可以高达 224。

(4) 计算过后，MNF 波段显示在对话框的 MNF Rotated Image 区域和这些波段的

特征值图显示在对话框的下方，如图 8.39 所示。

(5) 确定 Covariance Skip Factor 被设置为 1，这个参数用于设置噪声协方差计算的采样格网大小，主要依赖于影像或者 AOI 的大小、性质等。

(6) 单击 Compute 按钮，开始计算噪声协方差矩阵，使用影像中的 AOI 和前 30 个 MNF 图层，计算出来后显示在 Minimum Noise Fraction Tool 对话框中。

(7) 单击 First Noise Band 的上下箭头可以浏览所有的 MNF 图层，编号较小的图层噪声较编号大的图层少，使用 eigenplot 和 MNF 图层影像，可以决定影像是否为噪声。

(8) 单击 Save Cov. 按钮，保存矩阵文件为 cuprite _ covariance. mtx，单击 OK 按钮。这个在以后的使用中可以进入噪声协方差统计。

3) 设置低通选项

(1) 将 First Noise Band 设为 band 18 (在 First Noise Band 中所定义的波段)。

(2) 选择 Low-pass Filter Noise Bands 按钮，该选项用于激活窗口大小，设置用于过滤的移动窗口大小。

4) 低通过滤噪声波段

(1) 在另外的视图中显示 MNF 影像，该影像暂存在指定位置的临时文件，可以使用 Save Top Layer As 选项将 MNF 影像永久保存为一个 *. img 文件。

(2) 在主菜单中选择 Interpreter | Spatial Enhancement | Convolution，打开 Convolution 菜单，分别用 3×3、5×5、7×7 作为低通滤波窗口大小来处理 MNF 影像。

(3) 打开 4 个 IMAGINE 视图，选择 Session | Tile Layers 命令。

(4) 打开原始的 MNF 影像视图，并在其他三个视图窗口中分别打开三个低通滤波 MNF 影像，打开文件时，在 Raster Options 中选择 Gray Scale 和 Fit to Frame，在每个视图中使用 Raster Band Combinations 选项。

(5) 单击下拉列表选择低通滤波窗口为 5×5，并确保 Use 选框被选中，单击 OK 按钮。在实际的分析中，MNF 滤波是作为一个中间处理过程进行运算的，要查看估算出的滤波图像就必须另外生成一个图像。

(6) 在工作站中选择 View | Preprocess | MNF 命令。

5) 估算结果

MNF 滤波影像显示在光谱分析工作站中：

(1) 在主视图中右键进入 Quick View 菜单，选择 Arrange Layers 命令。

(2) 右键单击由 MNF 产生的以前缀 eisw 开头的临时文件，选择 Save Layer As，保存为 mnf _ interactive. img，单击 OK 按钮。

(3) 在 ERDAS IMAGINE 工具栏上单击 Viewer 图标 | Open 命令，选择输出文件为 mnf _ interactive. img，单击 OK 按钮。MNF 滤波图像显示在视图中 (图 8.40)。

(4) 选择 File | Close All，单击 No 按钮不保存。



图 8.40　MNF 滤波图像

6）结论

要真实估算出 MNF 滤波影像，应该将 MNF 滤波影像像素的全部光谱同输入影像进行对比。因为最终是想要在光谱中抑制噪声，而不是其属性信息。

8.7　大气校正

即使是相对清洁的大气也会与入射的和反射的太阳能相互作用。在某些波长范围内，这些相互作用减少了到达地面的入射能量，并进一步减少了到达传感器的反射能量。大气的透射度因某些气体的吸收以及气体分子和微粒的散射而降低。由于水汽和二氧化碳的影响，波长 1.4μm 和 1.9μm 附近出现了明显的吸收特征，因而在这些波段上几乎无法获得有用的信息。如果大气条件在空间上是变化的或地面相对高差较大，单独图像内部各个部分的大气影响也可能有明显的差别。

8.7.1　IARR 工具

IARR 工具最适合在分析者对影像没有清楚认识的情况下用来定义光谱控制点。

1）定义输入文件

（1）在光谱分析工作站中打开影像… \ Chp8 \ Tutor \ cuprite _ hyperion. img，单击 OK 按钮。

（2）在主视图上右键选择 Arrange Layers 命令，打开 Arrange Layers 对话框，在

图层 cuprite _ hyperion. img 上右键。

(3) 在 TrueColor Options 菜单中选择 Band Combinations，将波段 202、115、93 分别设置为红、绿、蓝 (图 8.41)。

(4) 单击 Apply 按钮，随后单击 Close 按钮关闭，色彩设置后的图像如图 8.42 所示。

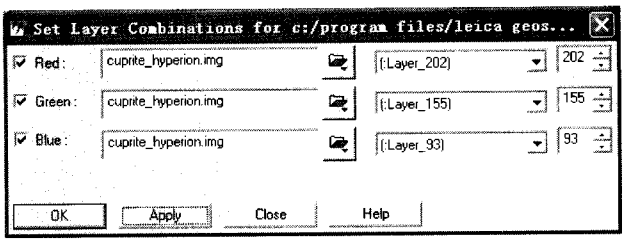


图 8.41　Set Layer Combinations 对话框

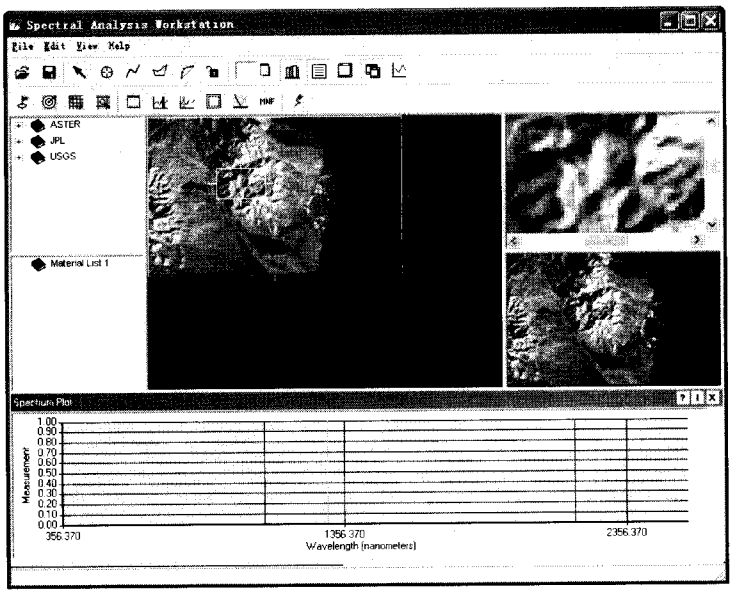


图 8.42　波段设置后的图像

2) 查看传感器信息

(1) 单击 Sensor Information Tool 图标，打开 Sensor Information 对话框，注意到 Sensor Name 字段显示为 “Hyperion”，该信息提取自影像文件 cuprite _ hyperion. img (图 8.43)。

(2) 单击 OK 按钮，接受传感器信息。

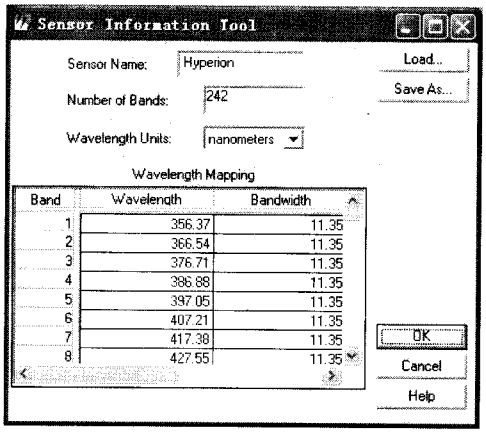


图 8.43　Sensor Information Tool 对话框

3）鉴别坏波段

（1）单击 Bad Band Selection Tool 图标，打开 Bad Band Selection Tool 对话框。

（2）前 7 个波段不显示预览图和直方图，则单击波段 8 的“>”栏开始向后查看预览图和直方图。

（3）在 Bad Band Selection Tool 对话框中标记以下为坏波段：波段 1～9，56～82，94，99，116，121～130，165～181，185～186，203，220～242。

在 Band 栏上单击右键选择 Select None（图 8.44）。

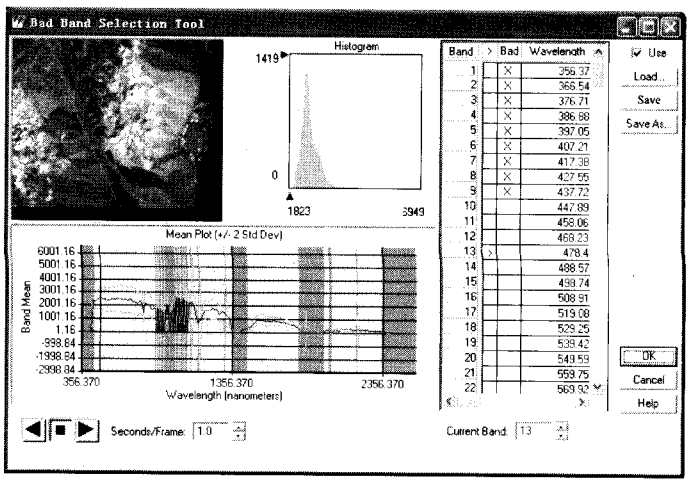


图 8.44　Bad Band Selection Tool 对话框设置

4）保存坏波段数据

在 Bad Band Selection 对话框单击 Save As 按钮，将坏波段保存为 cuprite _ hyperion. bbl，单击 OK 按钮，将信息传送到工作站中。

5）保存工程

在工作站中选择 File | Save As 命令，保存工程文件为 hyperion _ basic. iwp，单击 OK 按钮。

6）应用大气校正

（1）在工作站中单击 Atmospheric Adjustment 图标，打开 Atmospheric Adjustment Tool 对话框。

（2）单击 Method 的下拉菜单，选择 Internal Average Relative Reflectance 选项，单击 OK 按钮将信息转移到工作站（图 8.45）。

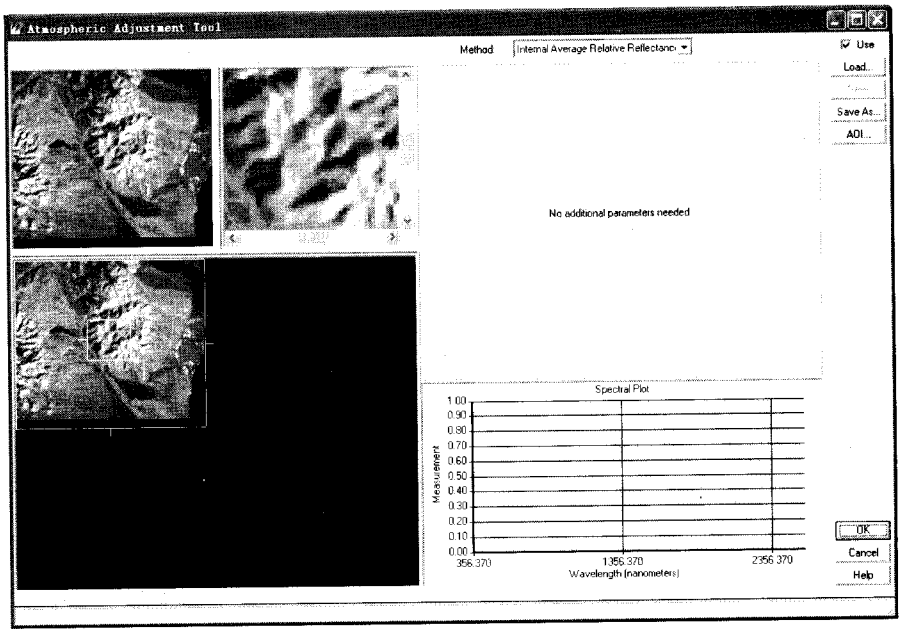


图 8.45　Atmospheric Adjustment Tool 对话框

7）计算结果

（1）在光谱分析工作站的主菜单中选择 View | Preprocess | Atmospheric Adjustment 工具。

大气校正的过程将会从工作站底部的状态条中有所显示。

（2）在工作站的主菜单中选择 File | Save Preprocessed Image 命令，选择输出文件为 hyperion _ iarr. img，单击 OK 按钮。

虽然之前有一些坏波段被移除，新的数据集中有一些波段的波长缺失，但由于 ERDAS IMAGINE 的光谱分析是基于波长的，分析时对其并无影响，接下来进入下一阶段编辑平场。

8.7.2　编辑平场

平场转换是一种基于影像的方法，其前提是在影像中定义一个区域，该区域的光谱反射率曲线变化相对平坦，比较均一。由于平均光谱受太阳辐射、大气散射和吸收影响的共同作用，这个假设要求就要求比较精确。因为在自然景观中的具有完全平的反射光

谱的物质很少，所以从影像中选择一个合适的“平场”较为困难。如果手头没有精确的参考光谱，可以使用光谱库中的光谱。

在完成 IARR 步骤之后，进入编辑平场的步骤。

1）选择输入影像文件

（1）回到光谱工作站中显示影像 cuprite _ hyperion. img。

（2）在 Arrange Layers 对话框中，在先前生成的大气纠正影像上右键，选择 Delete Layer，单击 Apply，现在在工作站中只显示 cuprite _ hyperion. img。

（3）单击大气校正图标，打开 Atmospheric Adjustment Tool 对话框，在 Method 的下拉条中选择 Modified Flat Field 选项，在主视图中（左下角图框）单击右键选择 Zoom In By 2。

2）鉴别样本

（1）如图 8.46 所示，在放大视图的 Alunite Hill 区域（右上角图框）右键选择 Zoom In By 2 直到能看清楚特征。

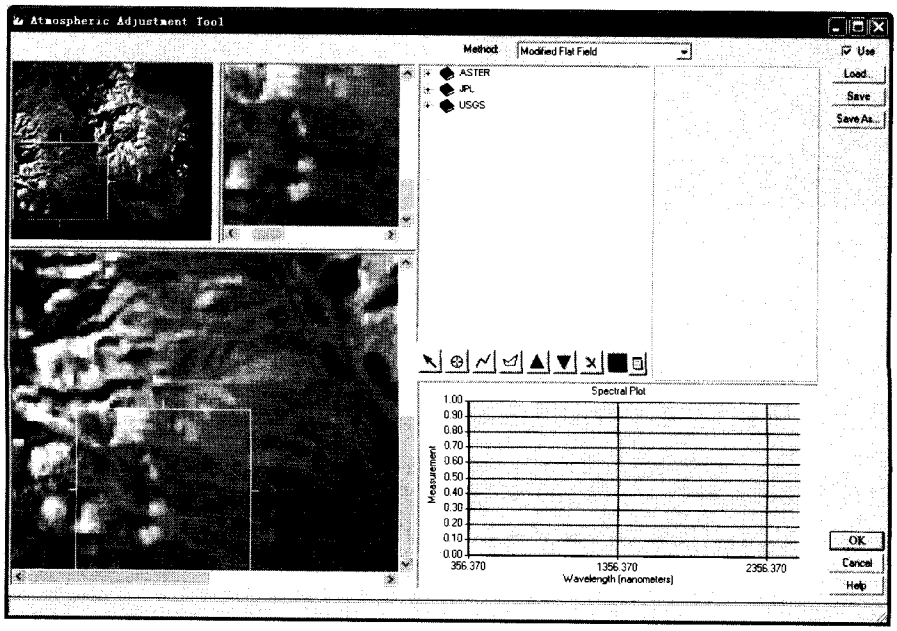


图 8.46　Atmospheric Adjustment Tool 对话框

（2）点击颜色选择器，将其设置为红色，在 AOI 工具中选择 Polygon AOI 图标，在 Alunite Hill 区域内进行数字化，如图 8.46 和图 8.47 所示。

（3）AOI 内像素的平均光谱显示在光谱图中，被标记为 Sample。光谱图中包含有平均光谱和用虚线表示的+/— 2 标准方差曲线，如图 8.48 所示。

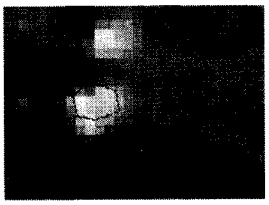


图 8.47　AOI 数字化

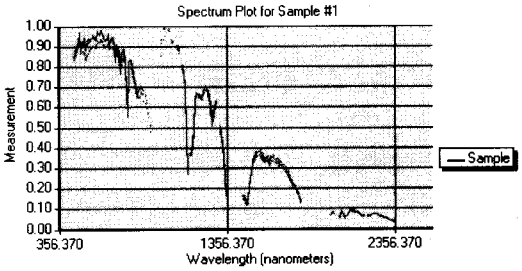


图 8.48　AOI 的平均光谱

3）鉴别参考光谱

（1）单击光谱库中的 USGS，选择 Alunite GDS82 Na82 光谱，将其拖拽至光谱图。

（2）光谱显示在光谱图中并被标记为 Reference，在大气校正对话框内单击 OK 按钮（图 8.49）。

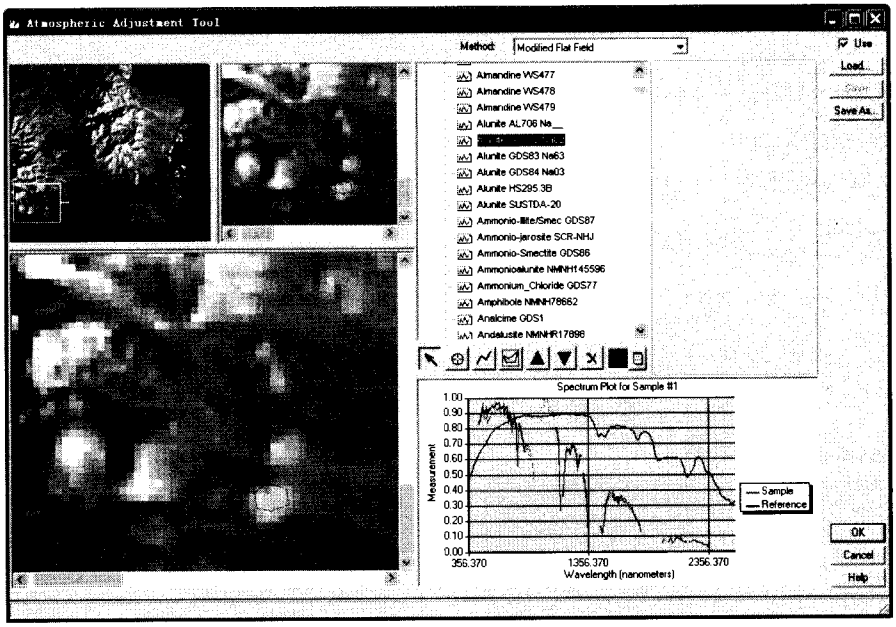


图 8.49　鉴别参考光谱

做大气校正时，参考光谱要和地面上物质相匹配，这一点非常关键，自然界物质在不同的地域会产生很大变化。这里用的光谱 Alunite GDS82Na82，被认为是花岗岩的代表光谱。

4）计算结果

（1）在光谱分析工作站中选择 View | Preprocess | Atmospheric Adjustment 工具。

（2）单击 File | Save Preprocessed Image 命令，保存文件为 hyperion _ mff. img，

单击 OK 按钮，进入下一步经验线性法。

8.7.3 经验线性法

典型的经验线性方法是对图像所在区域的地物进行野外光谱测量，并据此将图像数据转换成反射率。野外反射光谱必须是从两个或更多的均匀地面目标区域获得的。目标区域应该有明显的亮度差异，并在图像中的面积足够大。使用目标地区的图像辐射值和地面反射率值建立线性关系后，就可以将图像转换成表观反射率。转换结果是“表观的”反射率，因为这个转换没有包括可能的地形影响（阴影和大气路径辐射差异）。

在经验线性法中，使用到多个光谱对。这些光谱对用于画出编辑输入数据集的回归线。这个算法的目标是要定义所需要的回归线模型，光谱控制点应同时选取在光亮和黑暗两种地区，对于呈现线性模型有利。

1）应用经验线性校正

回到工作站，显示 cuprite _ hyperion. img。

（1）在图层管理对话框中删除先前生成的大气校正图层，只显示 cuprite _ hyperion. img 图层。

（2）单击大气校正图标，打开 Atmospheric Adjustment Tool 对话框，选择 Method 下拉列表中的 Empirical Line（图 8.50）。

（3）在主视图窗口中右键单击 Zoom In By 2，扩展光谱图的大小。

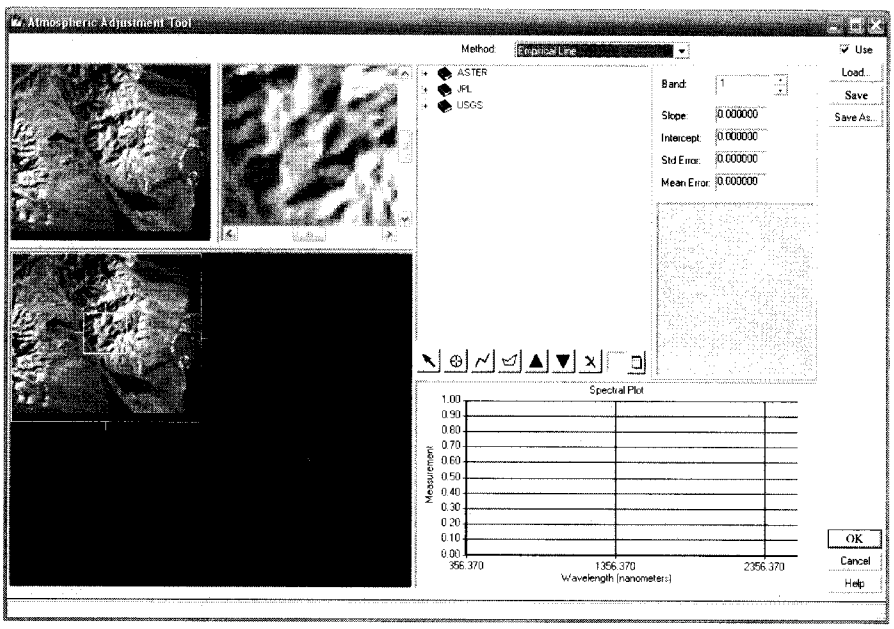


图 8.50 Atmospheric Adjustment Tool 对话框

2）打开光谱库文件

在 Atmospheric Adjustment Tool 对话框的光谱库窗口中右键进入到 Spectrum TreeView 菜单中选择 Open a spectrum library file，打开 cuprite _ aviris _ spectra. spl，单击 OK 按钮。

3）鉴别样本光谱

（1）校正主视图中 Link Box 以便在放大视图中能看清 Alunite Hill。

（2）在放大视图中右键选择 Zoom In By 2 以便看清特征。

（3）使用颜色选择器，将特征设置为红色 Red；在 AOI Tools 中选择 Polygon AOI 工具，并在 Alunite Hill 区域内进行数字化，双击左键，完成 AOI。

（4）AOI 中像素的平均光谱显示在工作站下方的光谱图中，并被标记为 Sample。

4）鉴别参考光谱

（1）在光谱库的 USGS 下选择 Alunite GDS82 Na82 光谱。

（2）将 Alunite GDS82 Na82 拖拽至光谱图，标签为 Reference（图 8.51）。

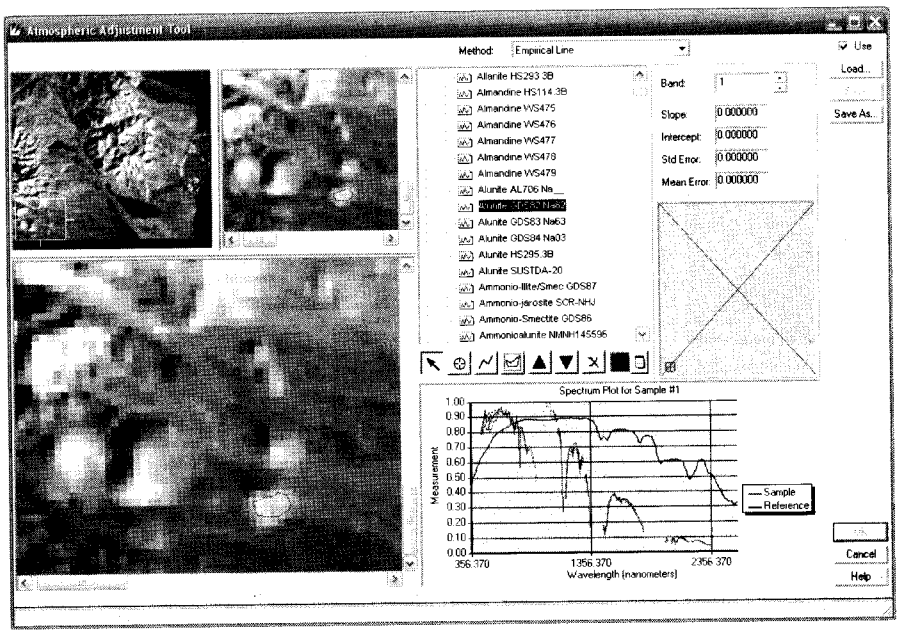


图 8.51　Atmospheric Adjustment Tool 对话框

如果当前波段为被排除在分析之外的波段，如坏波段 1，则改变为其他波段，如波段 15。

5）收集其他样本

在经验线性方法中，影像数据光谱要匹配所选区域的参考光谱，至少需要两对采样

数据和参考数据，三对或者更多的数据能增加结果的可靠性。用这些光谱能计算出每个波段的回归线。

利用大气校正工具对话框底部的状态条作为参照，现在来定位呈现线性的亮色特征，在地图坐标（185，－315）附近（图 8.52）。

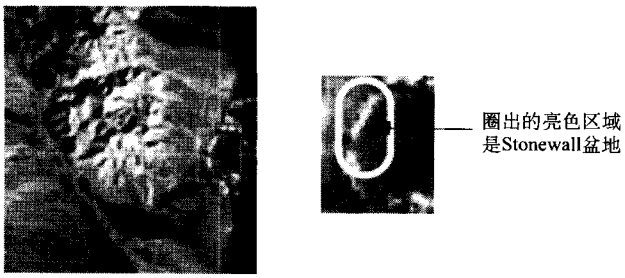


图 8.52　定位呈现线性的亮色特征

（1）单击 Line AOI 图标，收集山脊的光谱，双击完成。

（2）单击光谱库中 Cuprite AVIRIS Spectra 中的 stonewall _ playa _ aoi，将其拖拽至光谱图中。

（3）新的点显示在回归图中，所选线的 the slope-intercept 参数显示出来（图 8.53）。

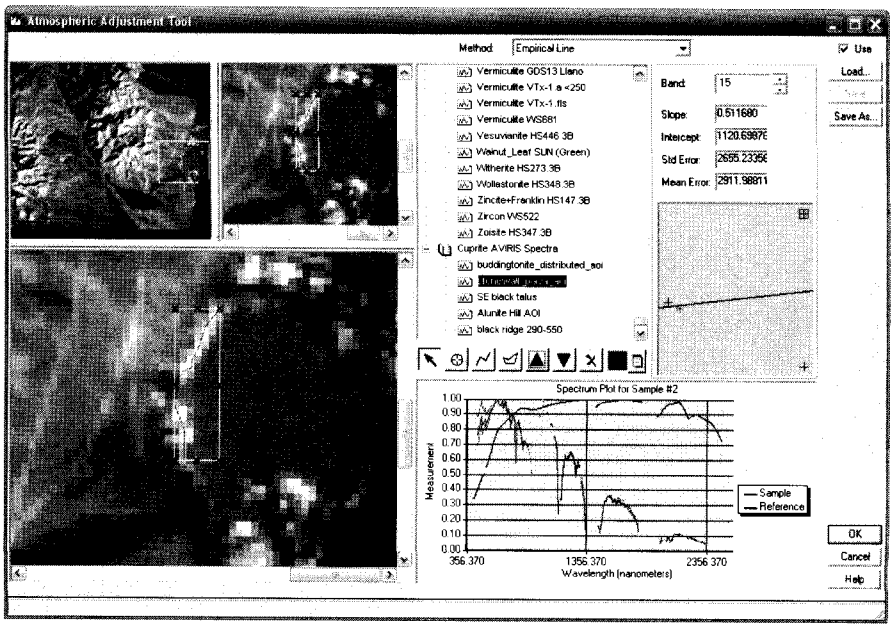


图 8.53　Atmospheric Adjustment Tool 对话框

（4）使用大气校正工具底部的状态条来定位暗色山脊，地图坐标为（49，－303）。

（5）在该地区定位 Link Box。

(6) 单击 Polygon AOI 图标，在暗色山脊中数字化，双击完成数字化。

(7) 单击 Cuprite AVIRIS Spectra 光谱库中的 black ridge 290～550，将其拖入光谱图中（图 8.54）。

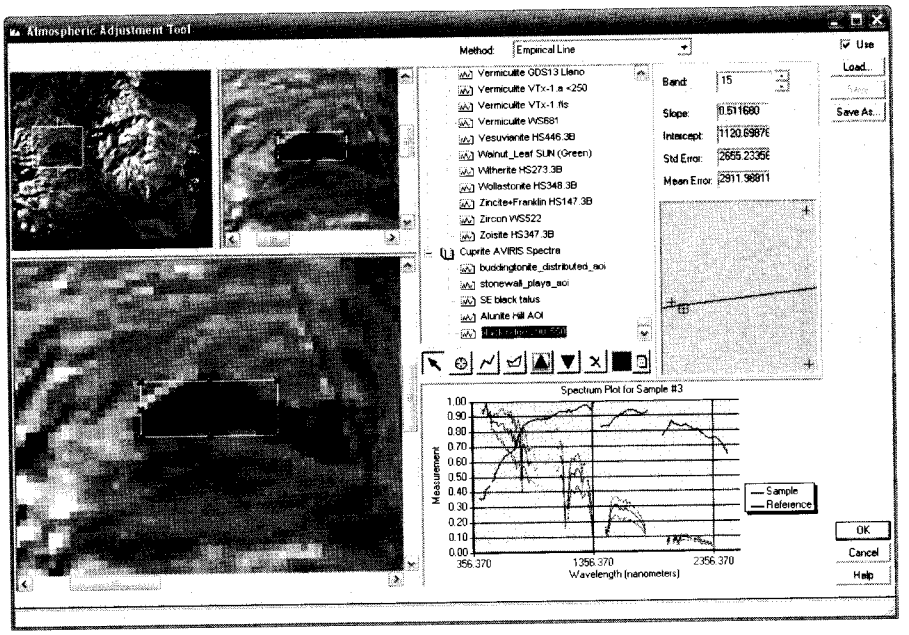


图 8.54　Atmospheric Adjustment Tool 对话框

(8) 在光谱库 Cuprite AVIRIS Spectra 中的光谱是使用工作站的 AOI 工具收集自影像 cuprite _ aviris. img，它们的精度依赖于该数据集的精度质量。

(9) 使用 Atmospheric Adjustment Tool 对话框底部的状态条定位 Black Talus，位于地图坐标（204，－375）。

(10) 将 Link Box 放置于该区域 。

(11) 单击 Polygon AOI 图标，在 black talus 中进行数字化，双击完成数字化。

(12) 在 Cuprite AVIRIS Spectra 光谱库中单击 SE black talus 光谱并将其拖入光谱图（图 8.55）。

现在可以使用 Band increment nudger 来查看每个波段所计算出来的回归线(slope/intercept)。也可以单击对话框中的上下按钮来回顾之前选取的光谱对。如果一个点距离回归线过远，那么最好重新选取 AOI 区域或者选择不同的参考光谱。

在大气校正工具中单击 OK 按钮，将信息传送到工程文件中。

6) 计算并比较结果

(1) 在工作站中选择 View | Preprocess | Atmospheric Adjustment 工具。

(2) 选择 File | Save Preprocessed Image 命令，保存文件为 hyperion _ el. img，单击 OK 按钮。

(3) 在工作站中选择 File | Close 命令，单击 Yes 按钮，保存对 hyperion _

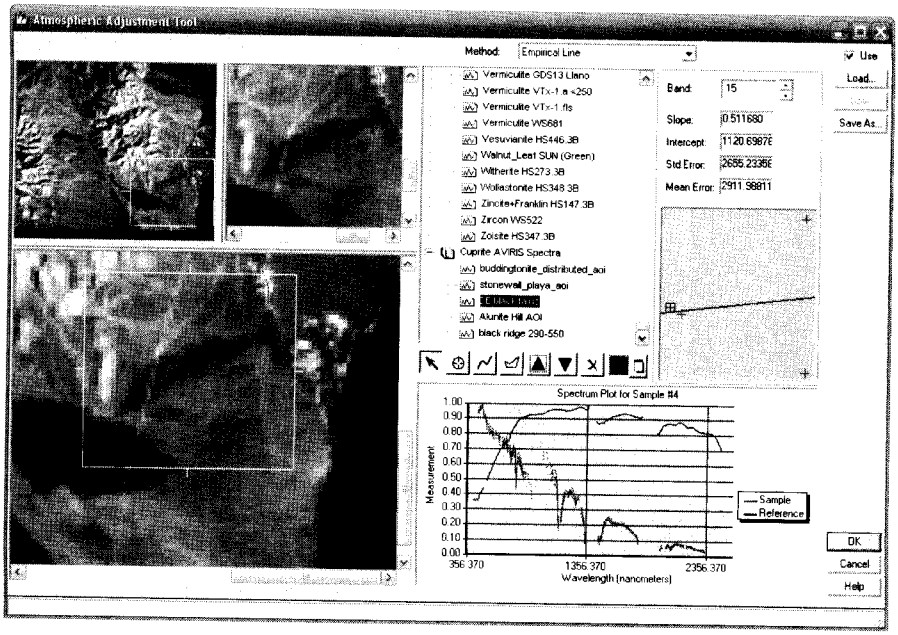


图 8.55　Atmospheric Adjustment Tool 对话框

basic. iwp 的修改。进入下一个部分估算结果。

8.7.4　估算结果

进行该部分的前提是用户已经完成以上各个部分的步骤。

影像 cuprite _ hyperion. img 数据集用于这个实例，是因为该数据集被 USGS Spec 进行过专业纠正的，可以被视为是真实的数据集。

1）打开工程文件

（1）在光谱分析工作站中打开 cuprite _ basic. iwp 工程。

（2）在光谱分析工作站的主菜单中，选择 View | Preset RGB Combinations | True Color 命令。

2）在真值影像中选择并保存样本

（1）使用工作站下方状态条定位地图坐标为 pixel 232，－698 的点，位于 Alunite Hill 区域。

（2）将主视图中的 Link Box 覆盖 Alunite Hill 区域，颜色选择选择红色。

（3）单击 Polygon AOI 图标，在放大视图中，在 Alunite Hill 区域内数字化，大约在地图上的坐标为（232，－698）。

（4）在光谱 Sample 1 图例上点右键，选择 Spectrum Properties，在 Name 后输入 aviris _ alunitehill，单击 OK 按钮（图 8.56）。

(5) 单击并点住图例中光谱 aviris _ alunitehill，并将其拖拽至工作库窗口中的 Material List 1。

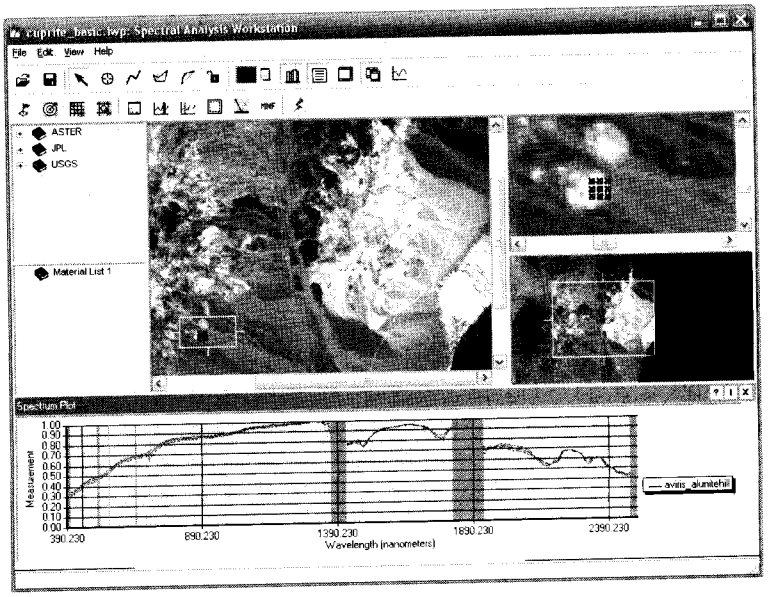


图 8.56 所选区域在光谱工作站显示的光谱图

(6) 在 Material List 1 上单击右键选择 Rename，并输入 aviris _ alunitehill，单击 OK 按钮。

(7) 在 aviris _ alunitehill 上单击右键，选择 Save As 命令，保存为 aviris _ alunitehill. spl，单击 OK 按钮。

(8) 在工作站中选择 File | Close 命令，在 Attention 对话框中单击 No 按钮。

3) 从 IARR 校正图像中选择样区

(1) 打开光谱分析工作站，在主菜单中选择 File | Open Analysis Image，打开 hyperion _ iarr. img，这个影像是之前在 IARR 工具中计算的结果，单击 OK 按钮。

(2) 定位地图坐标 Y (39，－394) ——明矾山，颜色选择为红色。

(3) 单击 Polygon AOI 图标，在 Alunite Hill 区域内数字化，双击完成数字化(图 8.57)。

(4) 在光谱图例 Sample 1 上右键，选择 Spectrum Properties，命名为 iarr _ alunitehill，单击 OK 按钮。

(5) 单击并点住图例中的 iarr _ alunitehill 光谱，将其拖至工作库窗口中的 Material List 1。

(6) 在 Material List 1 右键单击选择 Rename，重命名为 iarr _ alunitehill，单击 OK 按钮。

(7) 在 iarr _ alunitehill 上右键选择 Save As 命令，保存为 iarr _ alunitehill. spl，单击 OK 按钮。

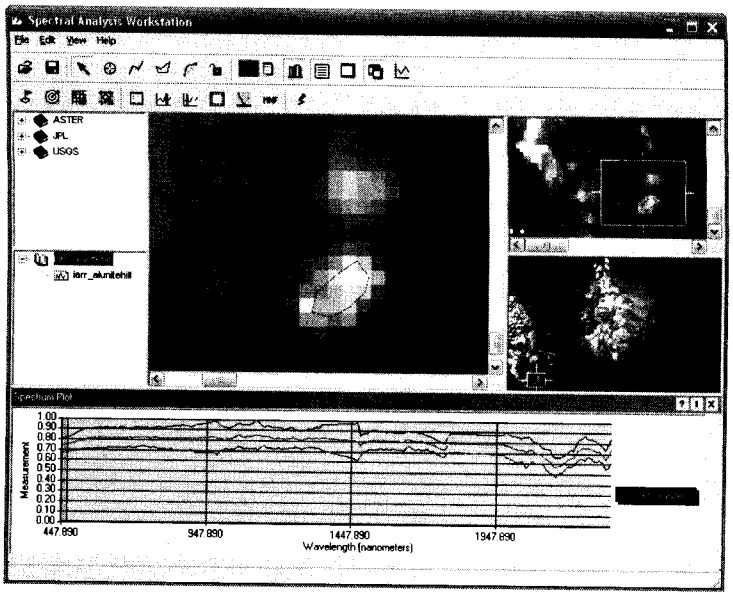


图 8.57　区域内数字化得到的光谱图

4）显示真值影像

（1）打开影像文件 cuprite _ aviris. img，单击 OK 按钮。

（2）选择 View | Preset RGB Combinations | True Color 命令。

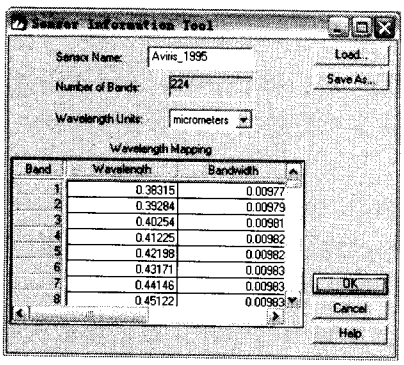


图 8.58　Sensor Information Tool 对话框

（3）单击 Sensor Information Tool 图标，打开 Sensor Information Tool 对话框。

（4）单击 Load 按钮，选择输入文件为 C：\ Program Files \ Leica Geosystems \ Geospatial Imaging 9.1 \ etc \ aviris _ 1995. saf（图 8.58），单击 OK 按钮。

（5）在 Sensor Information Tool 对话框中单击 OK 按钮。

（6）这个操作设置了工作站，特别是光谱图为 1995 AVIRIS 波通（传感器信息）参数并且定义没有坏波段区域。

5）选择光谱

（1）选择 USGS 成果库中的 Alunite GDS82 Na82，将其拖至光谱图。

（2）在工作库窗口上右键打开 aviris _ alunitehill. spl，单击 OK 按钮。

（3）将 aviris _ alunitehill 从工作库中拖入光谱图。

（4）在工作库窗口单击右键打开 iarr _ alunitehill. spl，单击 OK 按钮。

（5）将 iarr _ alunitehill 从工作库中拖入光谱图。

(6) 在光谱图图例中选择 Alunite GDS82 Na82。

6) 改变图例

(1) 右键选择 Legend Editor 命令，设置颜色如下：Alunite GDS82 Na82 为红色，aviris _ alunitehill 为黑色，iarr _ alunitehill 为蓝色。

(2) 单击 Apply 按钮，关闭 Legend Editor 对话框。

(3) 在图例中右键选择 Select None 命令。

(4) 重新调整光谱图大小以便看清细节（图 8.59）。

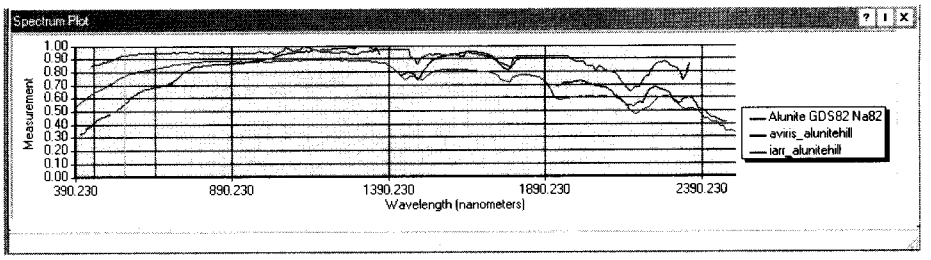


图 8.59 光谱曲线比较

7) 改变图标选项

(1) 在光谱图上点右键选择 Chart Options 命令。

(2) 在 General 选项卡，输入标题为 Wavelength (micrometers)。

(3) 单击 X 轴，设置 Min 最小值为 380，设置 Major Incr 为 10，设置 Format 为 0，设置 Label Skip 为 5（由于传感器参数不同，故设置参数也不同）。

(4) 单击 Y 轴，设置 Min 为 0.4 设置 Format 为 0.0。

(5) 单击 Apply 按钮，关闭对话框（图 8.60）。注意此时不要关闭工作站。

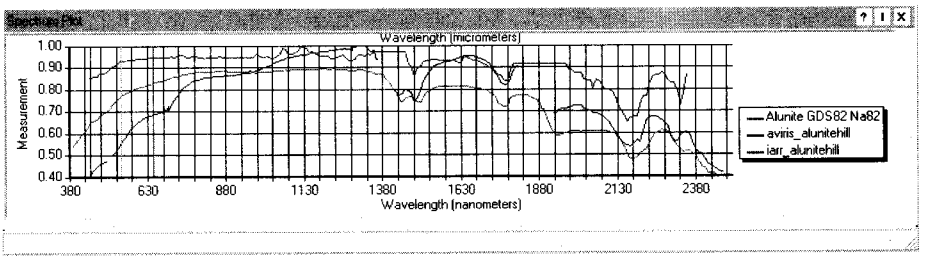


图 8.60 光谱曲线图标的更改

以上操作是为优化光谱图便于分析，所做的假设 Alunite GDS82 Na82 和 aviris _ alunitehill 光谱代表了 Alunite Hill AOI 的真实影像，我们可以估计出 IARP 算法能在何种程度上调整包含大气的影像。

8) IARR 结论

注意到图 8.60 中，Alunite GDS82 Na82 光谱是连续的，没有数据跳跃。因为该光

谱是参考库光谱，没有和坏波段相关联：而 aviris _ alunitehill 光谱则在 0.5，0.93，0.91 处显示出光谱的断裂。这是由于坏波段文件和影像 cuprite _ aviris. img 相关联。提取自动过程处理影像的 iarr _ alunitehill 光谱没有坏波段列表，但它确实包含了 cuprite _ hyperion. bbl 坏波段列表文件的影响，具体可见上图中该光谱的平直部分，这是软件对输入数据的断裂区域进行内插的结果。

9）编辑平场结果

下一步，创建一个光谱库文件用于编辑平场的影像。

（1）打开编辑后的平场校正影像。

（2）在工作站中选择 File | New 命令，打开一个新的工作站界面。

（3）选择 File | Open Analysis Image 命令，选择输出数据为 hyperion _ mff. img，单击 OK 按钮。

10）在平场校正影像中选择样点

（1）单击 Color Chooser 图标，选择红色，单击 Polygon AOI 图标，在 Alunite Hill 内部数字化，在地图上的坐标大约为（39，-394）。

（2）在光谱 Sample 1 图例上单击右键 选择 Spectrum Properties，在 Name 一栏输入 mff _ alunitehill，单击 OK 按钮。

（3）单击并点住图例中的 mff _ alunitehill 光谱，将其拖至光谱库的 Material List 1 中。

（4）在工作库的 Material List 1 上右键选择 Rename 将其重命名为 mff _ alunitehill，单击 OK 按钮。

11）在库中保存样本

（1）在 mff _ alunitehill 上右键选择 Save As 命令，保存为 mff _ alunitehill. spl，单击 OK 按钮。

（2）选择 File | Close 命令，单击 No 按钮。

12）添加光谱库

（1）返回到显示 Alunite GDS82 Na82，aviris _ alunitehill，和 iarr _ alunitehill 的工作站。

（2）在工作库窗口中右键选择 Open a spectrum library file 选择方才创建的 mff _ alunitehill. spl，单击 OK 按钮。

（3）单击点住将 mff _ alunitehill 从工作库中拖入光谱图。

13）改变图例

（1）在光谱图的图例中，右键单击 mff _ alunitehill 选择 Legend Editor，将 iarr _ alunitehill 设置为白色，在视觉上将其隐蔽。

（2）单击 Apply 按钮，随后在 Legend Editor 中单击 Close 按钮。

(3) 单击右键选择 Select None 命令（图 8.61）。

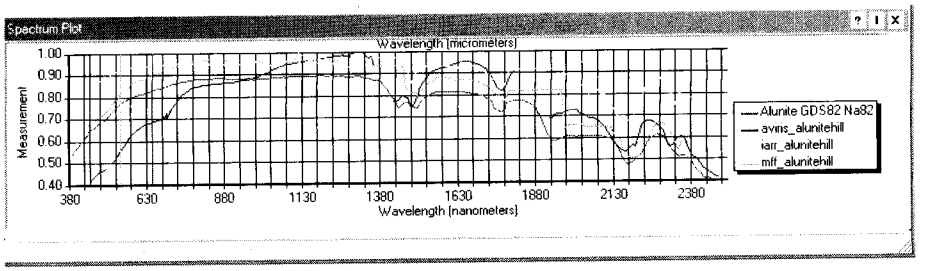


图 8.61 光谱曲线的对比

14) 编辑平场的结论

上图中的 Modified Flat Field 纠正光谱 mff _ alunitehill 与 aviris _ alunitehill 的拟合程度比 iarr _ alunitehill 光谱更好。这是由于它是 cuprite _ hyperion. img 影像用于纠正的参考光谱。

15) 打开经验线性纠正影像，为经验线性结果影像创建一个光谱库文件

(1) 在光谱分析工作站中，选择 File | New 命令，打开一个新的工作站。

(2) 选择 File | Open Analysis Image 命令，选择输出文件为 hyperion _ el. img，单击 OK 按钮。

16) 在经验线性纠正影像中选择样本

(1) 单击 Color Chooser 图标，选择红色，单击 Polygon AOI 图标，在 Alunite Hill 内部数字化，在地图上的坐标大约为 (39，－394)。

(2) 在光谱 Sample 1 图例上单击右键，选择 Spectrum Properties，在 Name 一栏输入 el _ alunitehill，单击 OK 按钮。

(3) 单击并点住图例中的 el _ alunitehill 光谱，将其拖至光谱库的 Material List 1。

(4) 在工作库的 Material List 1 上右键选择 Rename 将其重命名为 el _ alunitehill，单击 OK 按钮（图 8.62）。

17) 将样本光谱保存至光谱库

(1) 在 el _ alunitehill 上右键选择 Save As 命令，保存为 el _ alunitehill. spl，单击 OK 按钮。

(2) 选择 File | Close 命令，单击 No 按钮。

18) 添加光谱库

(1) 返回到显示 Alunite GDS82 Na82，aviris _ alunitehill，iarr _ alunitehill 和 mff _ alunitehill 的工作站。

(2) 在工作库窗口中右键选择 Open a spectrum library file 命令，选择方才创建的

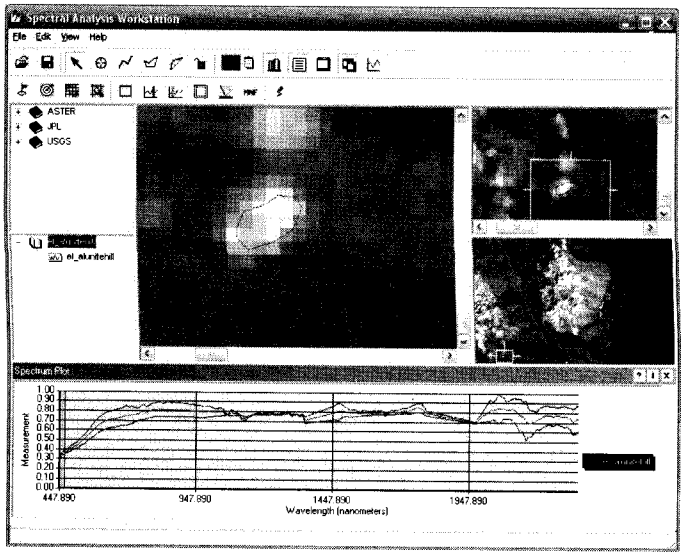


图 8.62　数字化后的光谱图

el _ alunitehill. spl，单击 OK 按钮。

（3）单击点住将 el _ alunitehill 从工作库中拖入光谱图。

（4）在光谱图的图例中，右键单击 mff _ alunitehill 选择 Legend Editor，将 mff _ alunitehill 设置为白色，目的为将其隐蔽。

（5）单击 Apply 按钮，随后在 Legend Editor 中单击 Close 按钮（图 8.63）。

（6）单击右键选择 Select None 命令。

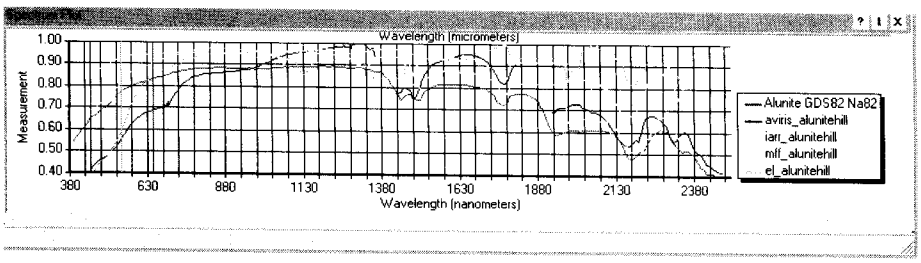


图 8.63　光谱曲线图对比

19）经验线性法结论

在图 8.63 中，经验线性法的结果光谱 el _ alunitehill 和来自平场编辑后的结果 mff _ alunitehill 非常相似，这是因为 Alunite Hill 包含在校正中输入的光谱控制点。因此还需要评价非光谱控制部分。

第九章　空间建模及批处理

在利用地理信息系统和遥感工具解决现实世界中的问题时，首先必须将复杂的地理事物和现象简化和抽象到计算机中进行表示、处理和分析。模型是为了理解和预测现实世界而对现实世界中的实体或现象的抽象或简化，是对对象中最重要的构成及其相互关系的表述。建模是构造现实世界中与研究对象相关的模型的过程。空间建模面向海量空间数据，借助计算机和数学方法构建空间数据与现实世界之间的模型，从而解决实际问题。空间建模是利用当代地理信息技术和空间分析技术解决日益复杂的地学问题的重要手段，现在人们可利用的空间数据种类繁多，如何合理的利用空间数据、恰当的选择空间操作完成具体的地学分析是空间建模要解决的核心问题。

本章主要介绍如下内容：

- 空间建模基本概念；
- 模型生成器；
- 空间建模应用实例；
- 批处理操作。

9.1　空间建模的基本概念

模型是对现实世界中的实体或现象的抽象或简化，是对实体或现象中最重要的构成及其相互关系的表述。ERDAS IMAGINE 9.1 空间建模工具（Spatial Modeler）是一个面向目标的可视化模型语言环境，用户可以在这个环境中应用直观的图形语言在一个页面上绘制流程图，并定义输入数据、操作环境、运算规则和输出数据，从而生成一个空间模型。空间模型是由 ERDAS IMAGINE 9.1 空间模型组件构成的一组命令集，以完成地理信息和图像处理的操作功能。

9.1.1　ERDAS IMAGINE 9.1 空间建模工具组成

ERDAS IMAGINE 9.1 空间建模工具由 3 部分组成，分别是空间建模语言、模型生成器和空间模型库，3 个部分既互相关联，又相对独立。

1）空间建模语言

空间建模语言是一种模型语言，是 ERDAS IMAGINE 9.1 中所有 GIS 分析和图像处理功能的基础，可以为各种各样的应用编写空间程序模型，使用程序模型。空间建模语言是模型生成器使用的底层语言，执行形成的图形模型所设计的各种功能。

2）模型生成器

模型生成器是空间建模语言核心的图形界面，可通过面板工具来产生空间图形模型，图形模型可以运行、编辑、保存在模型库中，或者转换成 SML 程序模型。模型生成器（Model Maker）提供了 23 类共 200 多个函数和操作算子，可以操作栅格数据、矢量数据、矩阵、表格及分级数据。

3）空间模型库

空间模型库由空间模型组成，包括程序模型（*. mdl）和图形模型（*.gmd），前者是应用空间建模语言编写的，后者是应用模型生成器建立的，图像解译模块中的多数图像处理功能都对应着空间模型库中的一个图形模型。然而，集成在空间模型菜单中的 Model Librarian 菜单命令，只能对空间程序模型进行浏览、编辑、删除等操作，图形模型只能在模型生成器中编辑。

9.1.2 图形模型的基本类型及形成过程

图形模型是指用直观的图形语言将一个具体的过程用模型表达出来。在这个模型中，分别定义不同的图形代表输入数据、输出数据、空间处理工具，它们以流程图的形式进行组合并且可以执行空间分析操作功能。当空间处理涉及许多步骤时，建立模型可以让用户创建和管理自己的工作流，明晰其空间处理任务，为复杂的 GIS 任务建立一个固定有序的处理过程。

应用 ERDAS IMAGINE 9.1 软件的模型生成器所生成的图形模型都有一个共同的基本结构：数据输入→处理→数据输出，不同模型所包含的数据输入、处理、数据输出的数量可以发生变化，但整体结构保持不变。当然，在模型可以运行之前，所有的组成部分必须彼此相连。抽象后可把空间图形模型分为两个基本模型：基本模型和复杂模型（图 9.1）。基本模型只有一个输入、一个处理过程和一个输出组成，而复杂模型则有若干个输入、若干处理、若干输出构成，特别是输入与输出是互相转化的。

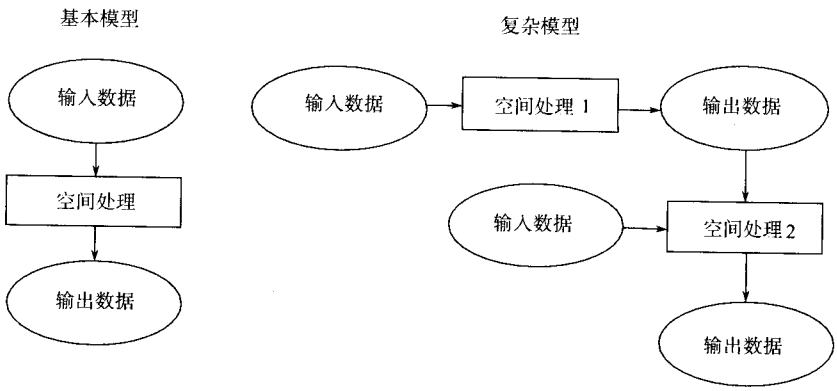


图 9.1 空间图形模型的基本类型

9.1.3 图形模型的形成过程

图形模型的形成过程，实质上也是用户分析问题、解决问题的过程。借助模型生成器形成模型时，通常需要经过5个基本步骤（图9.2）。

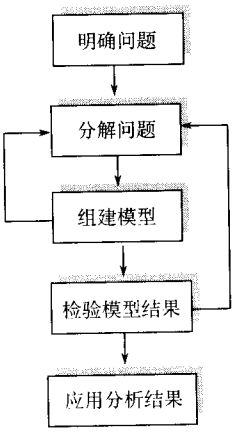


图9.2 图解模型的建立流程

1）明确问题

分析问题的实际背景，弄清建立模型的目的，掌握所分析对象的各种信息，即明确实际问题的实质所在，不仅要明确所要解决的问题是什么，要达到什么样的目标，还要明确实际问题的具体解决途径和所需要的数据。

2）分解问题

找出与实际问题有关的因素，通过假设把所研究的问题进行分解、简化，明确模型中需要考虑的因素以及它们在过程中的作用，并准备相关的数据集。

3）组建模型

运用数学知识和空间处理工具来描述问题中的变量间的关系，通过模型生成器进行建模。

4）检验模型结果

运行所得到的模型、解释模型的结果或把运行结果与实际观测进行对比。如果模型结果的解释与实际状况符合或结果与实际观测基本一致，这表明模型是符合实际问题的。如果模型的结果很难与实际相符或与实际很难一致，则表明模型与实际不相符，不能将它运用到实际问题。如果图形要素、参数设置没有问题的话，就需要返回到建模前关于问题的分解。检查对于问题的分解、假设是否正确，参数的选择是否合适，是否忽略了必要的参数或保留了不该保留的参数，对假设做出必要的修正，重复前面的建模过程，直到模型的结果满意为止。

5）应用分析结果

在对模型的结果满意的前提下，可以运用模型来得到对结果的分析。

9.2 模型生成器

9.2.1 启动 ERDAS IMAGINE 9.1 空间建模模块

ERDAS IMAGINE 9.1空间建模模块可以通过下列途径启动：

（1）在ERDAS主菜单，选择 Main | Spatial Modeler 命令，打开 Spatial Modeler 对

话框（图 9.3）。单击对话框里的 Model Maker 选项，打开 Model Maker 窗口与工具面板（图 9.4）。选择 Model Librarian 选项，可以加载已有的模型。

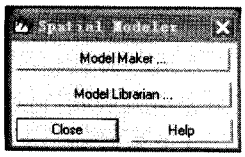


图 9.3　Spatial Modeler 对话框

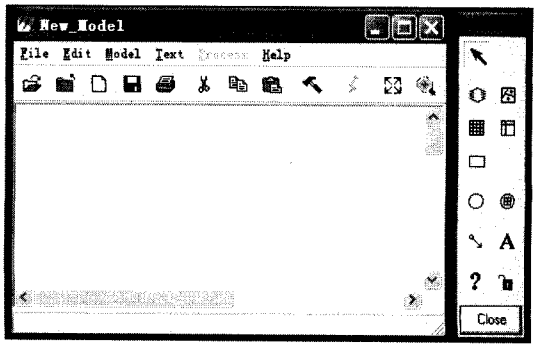


图 9.4　Model Maker 窗口及工具面板

（2）在 ERDAS 主窗口，单击 Modeler 图标，打开 Spatial Modeler 对话框（图 9.3）。单击 Model Maker 按钮，打开 Model Maker（模型生成器）窗口与工具面板（图 9.4）。单击 Model Librarian 选项，可以加载已有的模型。

9.2.2　模型生成器

1）模型生成器界面介绍

如图 9.5 所示，模型生成器窗口由菜单条（Menu Bar）、工具条（Tool Bar）、图形模型窗口（Graphic Window）和状态条（Status Bar）4 部分组成。工具面板（Tool Palette）是编辑菜单中的一个组成部分，但由于工具面板集成了生成图形模型的所有工具，在整个图形模型建立过程中具有重要作用。下面对菜单条、工具条和工具面板分别进行介绍。

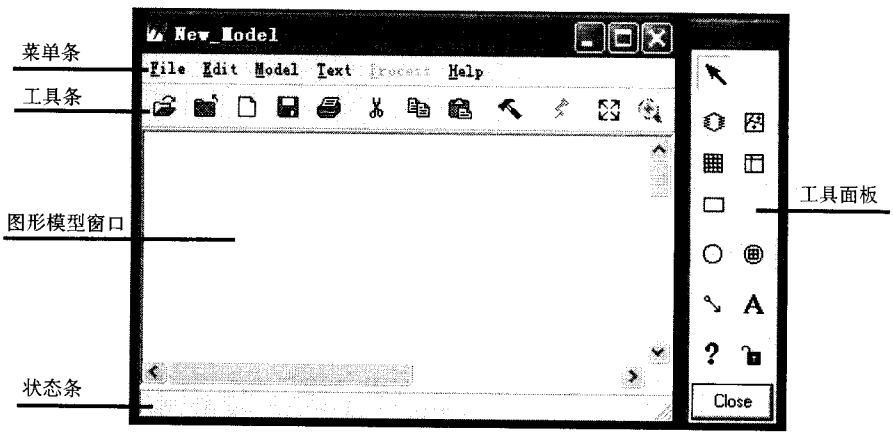


图 9.5　模型生成器界面

2）模型生成器菜单

模型生成器菜单包含了文件操作、编辑操作、模型操作、文字操作、运行操作和联机帮助等6个下拉菜单，每个下拉菜单又由一系列相关命令组成。文件操作（File）包含打开模型文件、保存图形文件、关闭当前模型生成器窗口、打印等常用模型输入输出功能。编辑操作（Edit）包含对所选图形的剪切、复制、粘贴、删除、定义属性等常用编辑功能。其中，属性操作用于定义图形的属性信息，类似于在图形模型窗口双击图形的操作，具体参数设置见工具面板介绍。模型操作菜单（Model）用于设置模型的操作窗口大小、输出图像像元大小、投影参数设置、AOI区域选择等，以及调整图形模型在图形模型窗口的分布及优化组合。文字操作菜单（Text）主要用于设置在模型窗口添加的文字的字体（Font）、大小（Size）和类型（Style）等。运行操作窗口（Process）可以运行模型或将模型转换为SML脚本程序保存。重要功能如表9.1所示。

表9.1　模型生成器菜单部分重要操作及其功能

Model	模型操作
Set Cell Size	设置输出像元大小
Set Window	设置操作窗口大小
Set Projection	设置输出投影参数
Area of Interest	选择AOI区域
Snap to Grid	捕捉对齐到网格
Overview	让模型充满图形窗口
Optimize	优化组合图形模型块
Text	文字操作
Font	设置文字字体（6种）
Size	设置文字大小（6种）
Style	设置文字类型（4种）
Process	运行操作
Run	运行模型
Generate Script	转换为SML程序

3）模型生成器工具图标

模型生成器工具条中包含了12个常用的图形模型编辑工具图标。其中，前8个为基本的模型打开、关闭操作和图形模型的编辑操作，后4个按钮功能如表9.2所示。

表9.2　部分工具图标及其功能

图形	命令	功能
	Tools	打开工具面板
	Run	运行图形模型
	Overview	模型充满图形窗口
	Zoom In	以点为中心放大两倍显示

4）模型生成器工具面板

模型生成器工具面板给您提供了放置输入/输出对象、定义函数操作、连接对象图形和注释图形模型等的全部工具，具体功能如下。

（1）常用基本选择、注释、帮助工具。

① 选择和定义图形按钮。选择功能：用于在图形模型窗口选择一个或框选多个图形。定义图形：当该按钮处于按下的状态时，在工具面板中点击输入输出模型图形或者函数图形，再在图形模型窗口单击，图形模型就被加载进图形模型窗口中。

② 为连接对象图形与函数操作。当图形在图形模型面板放置好后，点击该图标，连接相应的图形模型，则会在图形模型界面之间自动用箭头连接，箭头方向为数据的输入方向。

③ A 按钮可以向图形模型界面添加注释。点击此按钮，在需要放置注释的区域单击，会弹出一个对话框，在其中输入需要注释的内容，回车确定。如果需要改变注释的字体、大小等属性，需单击该注释，然后在图形模型界面的工具列表中选择 Text 选项进行设置。

④ 点击？按钮，浏览器自动打开 ERDAS IMAGINE 9.1 联机帮助文档。

⑤ 通常被选择的工具按钮使用完后，鼠标自动回到选择按钮状态，用户可以选择其他按钮进行新的操作，此时工具面板上的工具锁按钮显示的是 状态。如果用户需要多次使用同一个按钮图标，如需要添加 5 个栅格数据时，则在点击一次栅格数据图标后，点击 按钮，使它变为 状态，即可在图形模型界面连续单击添加栅格数据图标。

（2）模型输入输出对象按钮功能。

① 为栅格对象图形按钮，当添加到模型生成器界面中时，双击后出现参数设置对话框 Raster（图 9.6）。该对话框分为输入、输出和文件路径设置三个区域。

当选择一个已有的影像文件时，输入区域被自动激活，在该区域中可以设置输入影像的数据格式（二进制型、整型和浮点型三种）；当需要重采样时，可以根据用户需要设置插值模型（最近邻法、样条函数法和三次卷积法三种）；当用户只需要在数据的某个局部进行操作时，可以在 Processing Window 区域手工定义工作区域的范围，也可以在 View 视窗中打开影像，在影像上右键单击 From Inquire Box 按钮，调整选择框的范围，然后点击“Apply”按钮，选择框四个角点的坐标自动被更新到 Processing Window 窗口的工作区域中，用户也可以在 Area of interest 中点击“Choose AOI”按钮，通过读入 AOI 文件进行选择。如果用户需要对分类数据进行重新分类时，可以选择“Record Data”，点击“Setup Record”进行设置。

当该图形作为输出文件时，在文件路径设置对话框中输入文件名，然后回车确定。这时候输出区域被激活，可以设置输出数据的类型和输出文件类型。其中，输出文件类型可以根据用户需要，选择专题图层分类输出和连续输出两类。选中 Ignore 框，可以设置影像中需要忽略的像素值。

当用户只需要得到影像的操作结果，不需要保存建模过程中的影像数据，可以选择“Temporary Raster Only”选项。此时，输入和输出区域全部变为灰色，仅仅可以定义数据的类型。用户需要让栅格数据的定义在模型运行时作为对话框弹出，可以勾选“Prompt User for File at Run Time”选项进行设置。

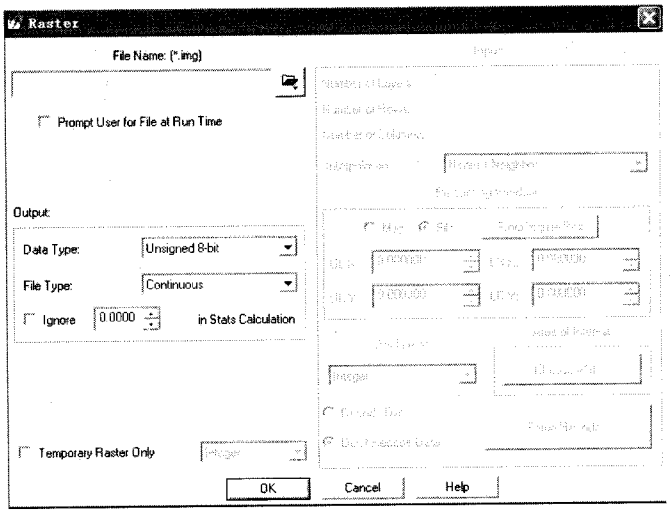


图 9.6　栅格对象图形对话框

② 为矢量对象图形按钮，当添加到模型生成器界面中时，双击后出现参数设置对话框（图 9.7）。矢量数据分为矢量图层（Vector Layer，ArcInfo Coverage 格式）和注记图层（Annotation Layer）两种，可以在“Select a(n)”选项中选择。在“Feature Type”中设置数据的类型（点、线、面），在“Declare as”中设置数据格式，在“Rasterize to”中设置数据在计算机内的记录方式（直接写入内存 Memory Only，或存为临时文件 Temporary File）。当某些参数设置需要在模型运行时以交互的方式给出时，用户需要勾选“Prompt User for File at Run Time”选项进行设置。

在“Cell Size”对话框中，可以根据用户需要，设置矢量数据输出为影像的栅格大小，Default 为系统默认，点击 Specify，可以分别设置 X 方向和 Y 方向的栅格大小以及度量单位。

“Processing Window”区域、“Area of Interest”区域与“Cell value”区域的设置和用途类似前文介绍的栅格数据的相关设置。

③ 矩阵对象常常作为算子，用于图像的各种复杂空间操作。 为矩阵对象图形的按钮，当添加到模型生成器界面中时，双击后出现参数设置对话框，如图 9.8 所示。矩阵图形对象有三种输入格式。

Built _ In 选项让用户选择系统自带的矩阵，Kernel 选项中提供了 9 种模板供挑选，用户可以定义矩阵的大小，并在 Matrix 对话框中看到模板的每一个单元的赋值情况。

Custom _ Matrix 选项可以让用户自行设计矩阵，如图 9.9 所示。用户可以设定矩阵单元的数值类型、矩阵的大小和每一个矩阵单元的数值。用户也可以选择“Shape”

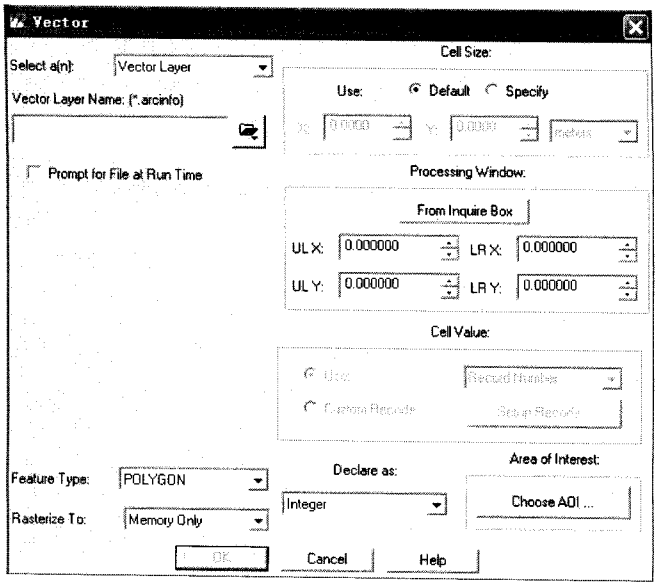


图 9.7　矢量对象图形对话框

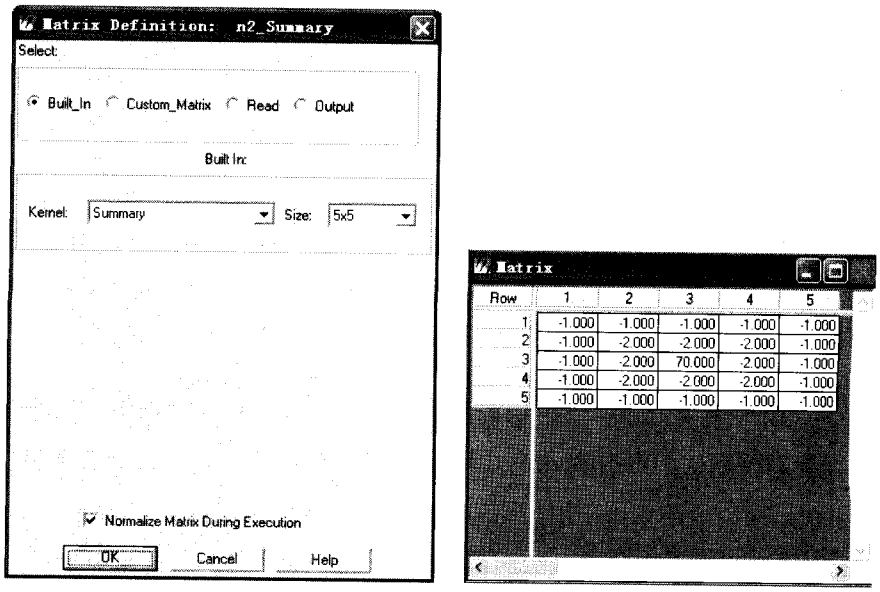


图 9.8　矩阵对象参数设置对话框中的 Built _ In 选项卡

选项，然后在“Shape Definition”中设计圆形矩阵、长方形矩阵或者环形矩阵。设计环形矩阵时，在 Within Shape 中设置内圈的形状和半径（或者长、宽），在 Beyond Shape 中设置外圈的形状和半径（或者长、宽）。用户可以在 Value 中输入值，当点击 Apply 时，矩阵窗口的所有值将全部被赋予输入的值。注：Apply 只有在选择 Shape 模式时才有效。

Read 选项可以让用户加载自己已有的矩阵。当某些参数设置需要在模型运行时以交互的方式给出时，用户需要勾选“Prompt User for File at Run Time”选项进行设置。

Output 选项支持用户保存设定的模板。勾选 Write To File，设置路径，即可将矩阵保存为 *.mtx 格式的数据。勾选 Show Matrix in Session Log 选项，可以在模型运行日志中写入矩阵。

如果用户选中 Normalize Matrix During Execution 选项，在实际矩阵计算时，每个单元的值为算子矩阵的求和平均值（在求和为 0 时除外）。这个选项的作用是当矩阵作为卷积运算等操作的因子时，不成倍扩大原始像元的数值。

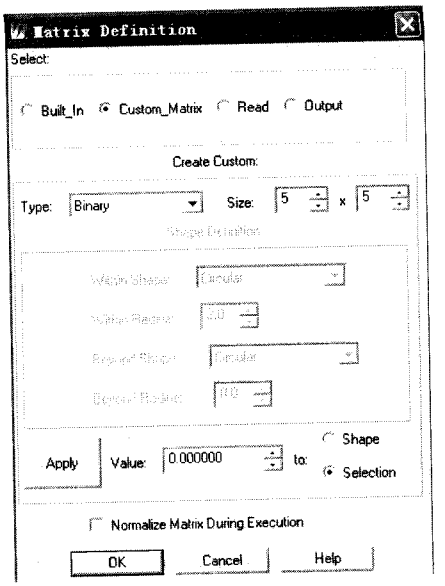


图 9.9　矩阵对象图形的 Custom _ Matrix 选项卡

④ 属性数据是空间数据的重要组成部分，也是很多空间建模的对象。属性数据通常以表格的形式表示和记录。 为表格对象图形的按钮，当添加到模型生成器界面中时，双击后出现参数设置对话框，如图 9.10 所示。

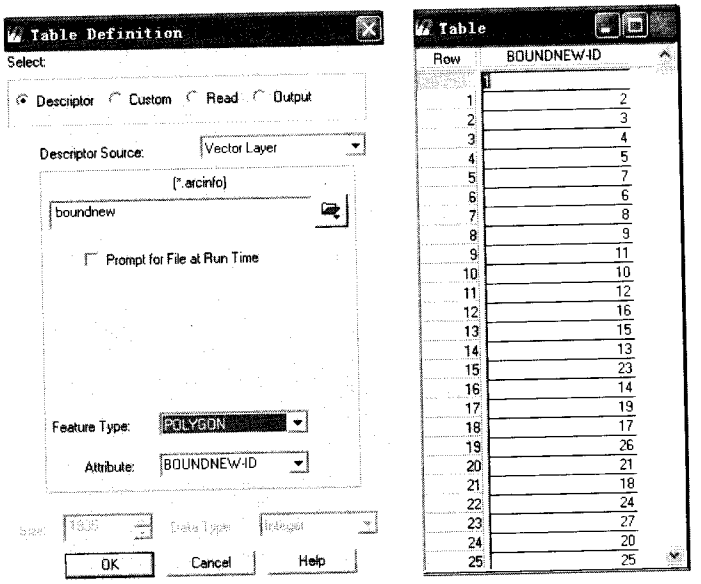


图 9.10　表格对象图形按钮

Descriptor 选项为读入已有图层数据的属性表，并可以对其进行编辑操作。首先选择输入数据的类型，可以是栅格数据、矢量数据或者注释数据，然后加载数据，选择需要查看和修改的图层和属性。Size 对话框显示了表格的行数，“Data Type”显示了数据的类型。当某些参数设置需要在模型运行时以交互的方式给出时，用户需要勾选

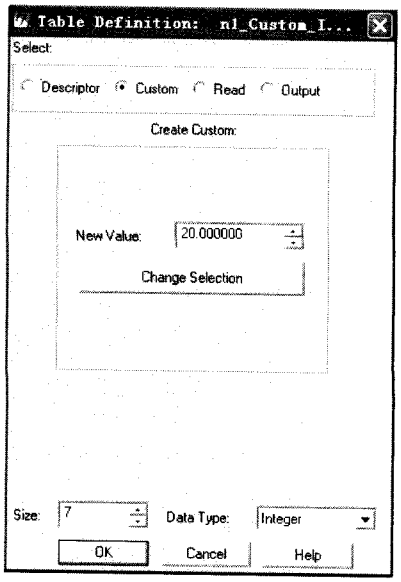


图 9.11　建立一个新的表格

"Prompt User for File at Run Time" 选项进行设置。

Custom 选项用于建立一个新的表格数据，如图 9.11 所示。Size 对话框定义表格的行数，"Data Type" 定义表格内数据的类型。可以在 New Value 中设置固定的值，选中 Table 中需要改的行，点击 Change Selection 按钮即可一次性改为用户自定义的值。

Read 选项卡功能和用法基本同矩阵对象卡中的 Read 选项。Output 选项卡与矩阵选项卡略有不同，勾选 Prompt，则在运行模型时，弹出对话框，由用户设定路径。用户勾选 Output to Descriptor or Attribute，可以设置相关数据，将表输出为新的表或者将表加载到已有的表中。

⑤ 为等级参数对象图形的按钮，当添加到模型生成器界面中时，双击后出现参数设置对话框，如图 9.12 所示。勾选 Read From 选项，可以读入一个 *.sca 格式的等级参数对象文件，并定义数据的格式（二进制型、整型和浮点型三种）。勾选 Write To 选项，可以写入一个等级参数文件，在 Value 中由用户设定等级参数文件的值。Prompt 选项和 Show Scalar in Session Log 选项的用法见先前几个按钮的介绍。

（3）模型函数按钮功能。

前面介绍了五种数据在模型生成器中的定义和使用。一个完整的模型除了基本的输入输出之外，更重要的是设计合理的函数功能操作，充分挖掘数据的潜能，实现空间建模，从而更好的解决实际问题。下面详细介绍 ERDAS IMAGINE 9.1 模型生成器功能面板提供的两种函数操作按钮的使用。

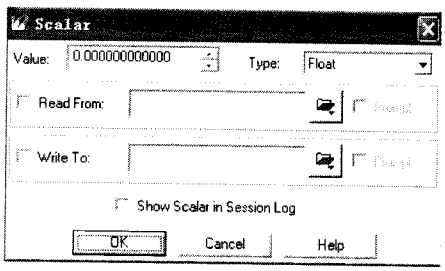


图 9.12　等级参数对象图形按钮设置

① 为函数操作对象图形按钮，当添加到模型生成器界面中时，双击后出现参数设置对话框，如图 9.13 所示。该对话框分为有效数据输入窗口、空间建模功能选择、函数选择、算术运算、表达式面板五个部分。当该函数在模型窗口有数据输入时，在有效数据输入窗口会显示出来供用户选择。上一节介绍的五种格式的数据均视为有效输入数据，对于多波段的影像数据，每个波段均会在数据输入窗口列出。如果该函数没有有效的数据输入，在数据输入窗口会显示<none defined>字样。

空间建模功能选择窗口设置了 24 种常用的空间建模操作，每一种操作在下面的函数选择窗口列出了软件提供的若干操作函数，每一个函数操作均封装为标准的函数格式，在小括弧内是需要用户填写的函数参数。其中，尖括弧<>为数据输入参数，括弧

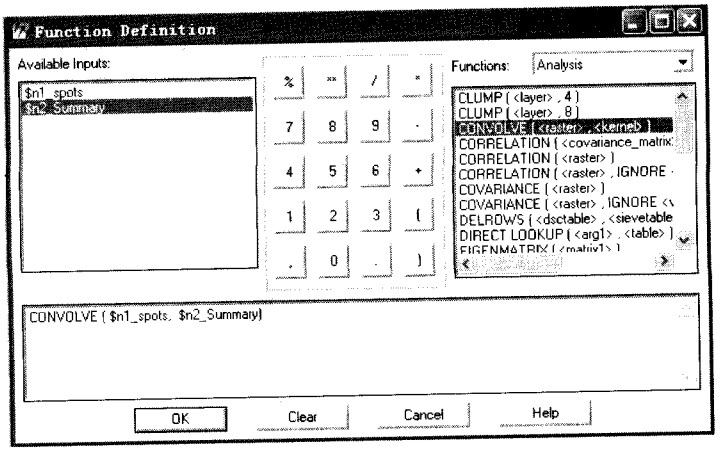


图 9.13　函数操作功能设置面板

内标明了该函数认可的有效数据格式。用户点击函数，在对话框下部的表达式面板会显示此函数，选中函数中相应的参数，然后点击数据输入框中的相应数据，就可将数据写入函数的参数位置。

算术运算功能区设置了常见的算术运算算子，供用户选择。点击对话框下方的 Clear 按钮，可以清空函数面板中的所有表达式，供用户重新写入。表达式写完后，点击 OK 按钮完成函数的设定。

② ▦ 为条件参数函数图形按钮，当添加到模型生成器界面中时，双击后出现参数设置对话框，如图 9.14 所示。对话框由有效数据显示窗口（Available Layers）、Criteria Table 表格窗口和基本表格设置几部分构成，详细功能如下：

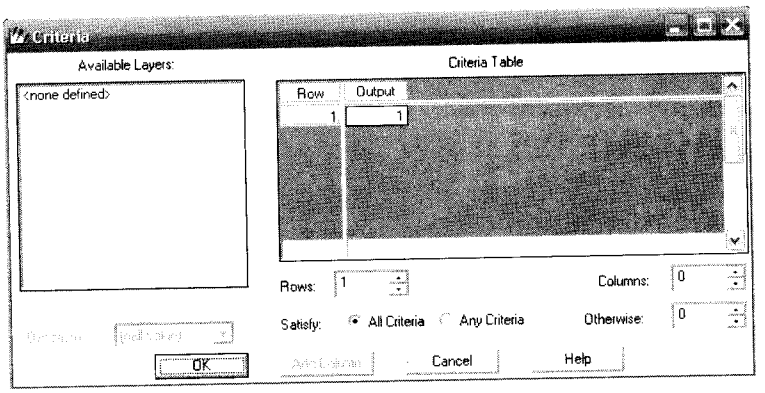


图 9.14　条件参数函数图形对话框

条件参数函数图形只接受栅格数据，如果有栅格数据被连接在该图形上，在“Available Layers”中会显示出来，供用户选择。如果没有栅格数据连接到该函数图形上，则此列显示为“<none defined>”字样。

在有效数据窗口单击选择一个数据后，所有表格设置均被激活。在 Descriptor 中选

择用户感兴趣的属性，点击 Add Column 按钮，该属性被加载到属性表中。也可以修改 Columns 和 Rows 的数值，让表格自动添加新的列和行，进而右击新列的标题进行修改列名，单击表格每一个单元修改数值等操作。

Satisfy 选项让用户决定是否所有的标准均参与分类，如果是，则选择 All Criteria 选项，否则选择 Any Criteria 选项。Otherwise 选项用于设置分类中可以忽略的标准的个数。

9.3 实例与练习

本节以 SPOT 影像空间增强为例，具体说明如何利用 ERDAS IMAGINE 9.1 中的 Model Maker 模块建立模型。练习数据为 ERDAS IMAGINE 9.1 软件的自带数据，路径为 C:\Program Files\Leica Geosystems\Geospatial Imaging 9.1\examples。

9.3.1 建模思路

遥感影像增强是遥感数字图像处理的重要工作。空间增强是有目的突出图像上的某些特征，如突出边缘或线性地物；也可以有目的地去除某些特征。空间增强的目的性很强，处理后的图像突出了需要的信息，从而达到增强的目的。

模型设计的基本思路是选择 ERDAS IMAGINE 9.1 软件的空间分析工具，选择其中的卷积运算函数，利用 ERDAS IMAGINE 9.1 软件自带的求和矩阵，对 SPOT 图像进行空间增强操作，实现对该景 SPOT 影像地物边缘和线性地物信息的增强。

9.3.2 操作流程图

空间建模流程图如图 9.15 所示。

9.3.3 具体操作

1）打开 Model Maker 窗口

在 ERDAS 主窗口，选择 Modeler 图标 | Model Maker 命令，打开 Model Maker 对话框与工具面板。

2）放置对象模型

（1）在 Model Maker 工具面板中点击需要的对象图标，然后放置在图形窗口中。本例需要添加两个 Raster 图标 、一个 Matrix 图标 、一个 Function 图标 。

（2）在工具面板，单击 Select 图标 ，选择并移动对象图形，按操作顺序排列。

（3）在工具面板，单击 Connect 图标 ，并单击 Lock 图标 。

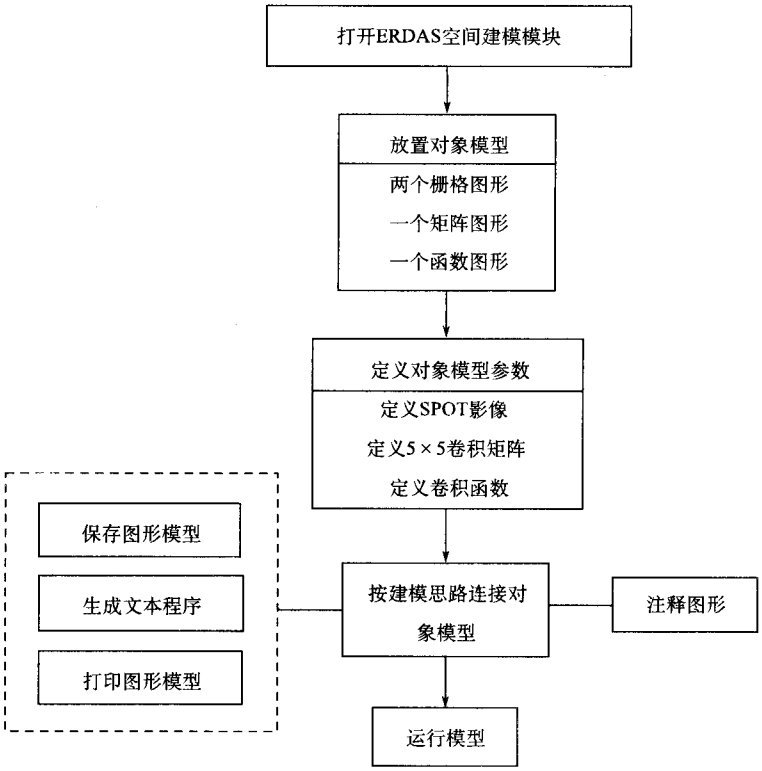


图 9.15　ERDAS IMAGINE 9.1 空间建模流程图

（4）在图形窗口，绘制连接线，将输入数据图形与函数图形相连。

（5）形成图形模型的基本框架（图 9.16）。

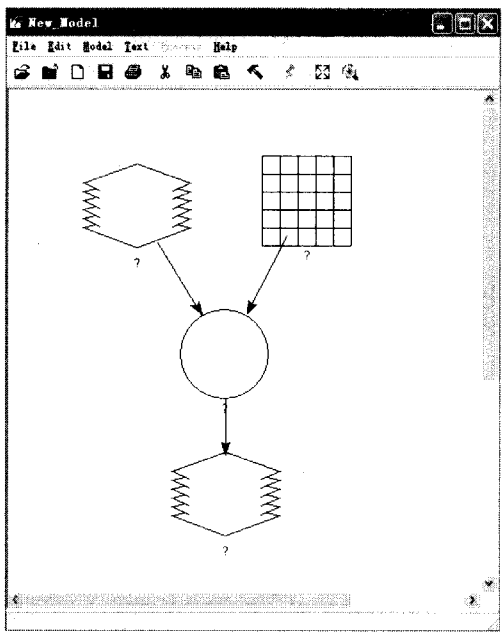


图 9.16　图形模型的基本框架

3）定义参数与操作

在 Model Maker 窗口中，依次双击每一个图形对象，选择所要添加的影像数据和函数，在对应的参数对话框中数据相应的参数，具体操作如下。

（1）定义输入图像。

双击左上方栅格图形，打开 Raster 对话框。确定输入图像（File Name）为 atl _ spotp _ 87. img。单击 OK 按钮，关闭 Raster 对话框，返回 Model Maker 窗口。

（2）定义输入卷积矩阵。

双击右上方矩阵图形，打开 Matrix Definition 对话框，打开卷积核矩阵表格，

设置如图 9.17 所示。设置完毕后单击 OK 按钮，关闭 Matrix Definition 对话框与卷积核矩阵，返回 Model Maker 窗口。

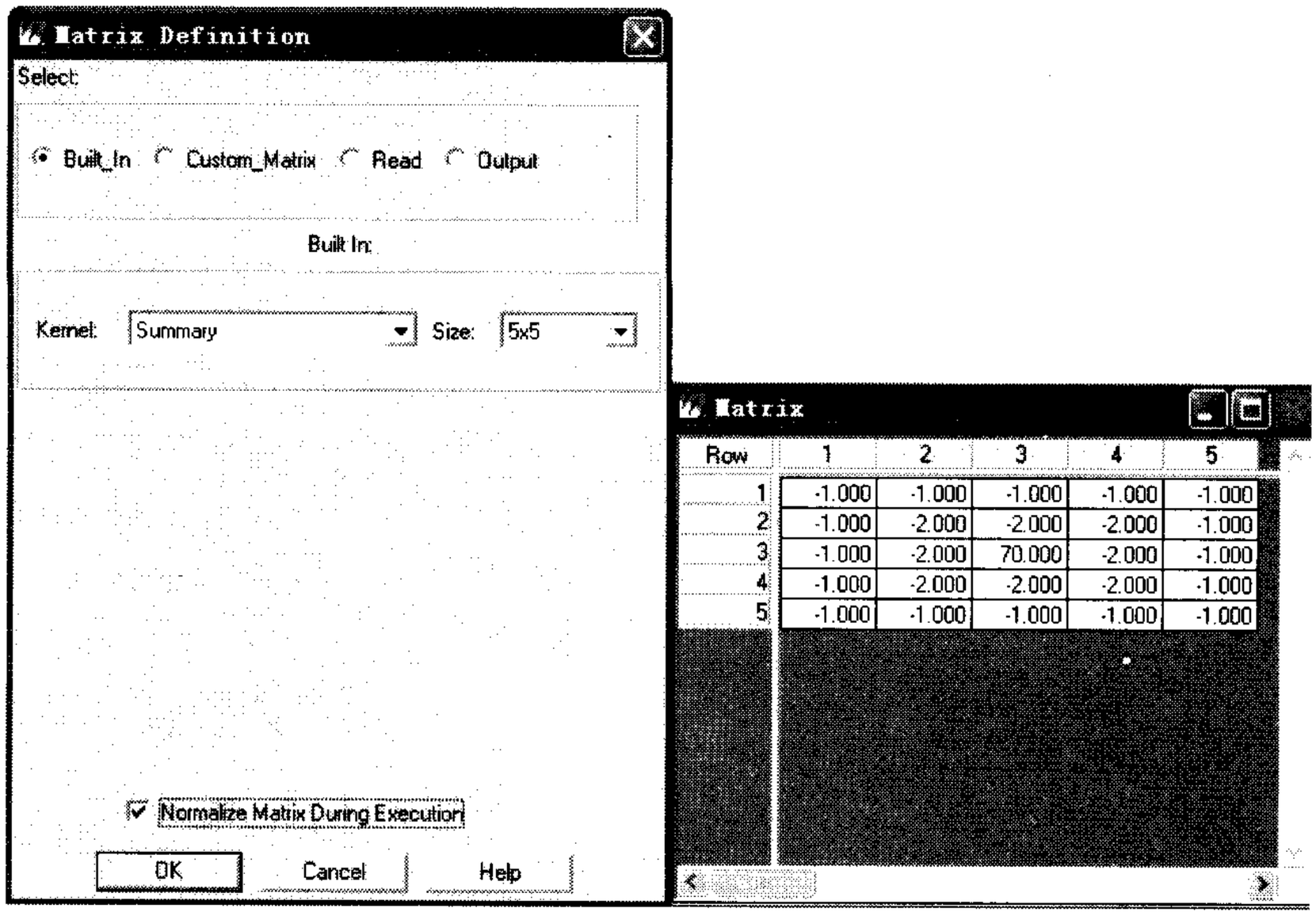


图 9.17　卷积核矩阵

（3）定义卷积处理函数。

① 双击中部的函数图形，打开 Function Definition 窗口（图 9.18）。

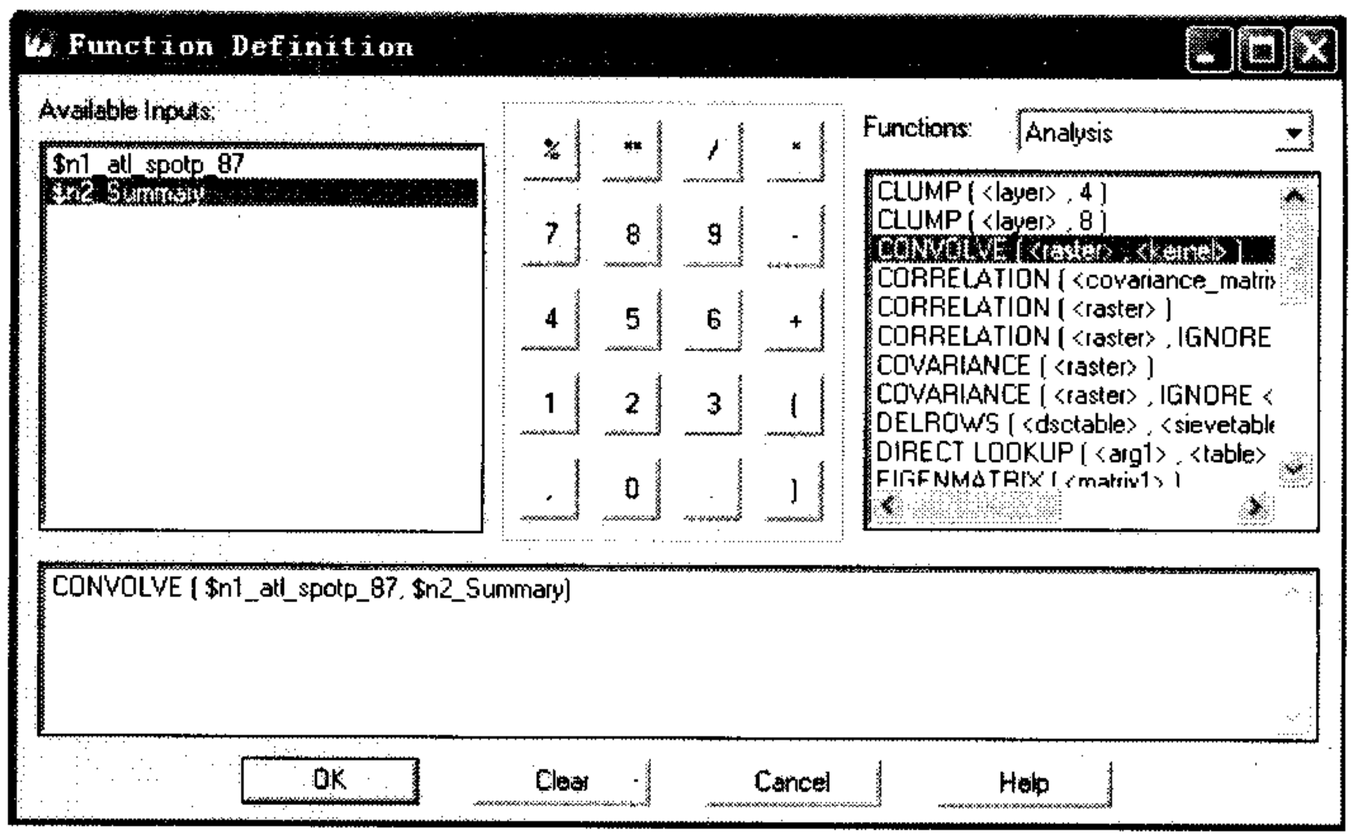


图 9.18　Function Definition 窗口

② 确定函数类型（Function）为 Analysis。

③ 选择卷积函数，双击 CONVOLVE（<raster>，<kernel>），CONVOLVE（<raster>，<kernel>）语句出现在函数定义框中。

④ 在 CONVOLVE（<raster>，<kernel>）语句中单击<raster>，在可供选择数据框（Available Inputs）中选择 $n1 _ atl _ spotp _ 87。CONVOLVE 语句中

<raster>参数定义为 $n1 _ atl _ spotp _ 87。

⑤ 在 CONVOLVE（<raster>，<kernel>）语句中单击<kernel>，在 Available Inputs 框中选择 $n2 _ Summary。CONVOLVE 语句中<kernel>参数定义为 $n2 _ Summary。

⑥ 函数定义框显示 CONVOLVE（$n1 _ atl _ spotp _ 87，$n2 _ Summary）。

⑦ 单击 OK 按钮，关闭 Function Definition 窗口，返回 Model Maker 窗口。

（4）定义输出图像。

① 双击最下面的栅格图形，打开 Raster 对话框。

② 选择输出图像（File Name）为 spots _ summary. img；确定输出数据类型（Data Type）为 Unsigned 8-bit；确定输出文件类型（File Type）为 Continuous；输出统计忽略零值：Ignore 0.0 in Stats Calculation。

③ 单击 OK 按钮，关闭 Raster 对话框，返回 Model Maker 窗口。

4）注释图形模型

在图形模型中加入注释，不仅有助于了解模型的结构和功能、理解模型及其对应的处理过程，也有助于对项目的组织、建立多个模型相互之间的关系。可以对每个模型加上标题，对其中的函数进行解释。具体过程如下：

（1）加入注释。

① 单击 Text 图标 **A** 。

② 在图形模型窗口中，单击放置模型标题的位置。

③ 打开 Text String 对话框（图 9.19），在 Text String 对话框中输入标题字符“Enhance Spots Image”。

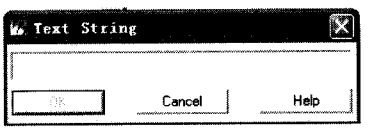


图 9.19 Text String 对话框

④ 单击 OK 按钮，关闭 Text String 对话框，标题字符放在图形模型窗口。

（2）调整注释字体、大小、类型。

① 在图形模型窗口中单击选择注释标题字符。

② 选择 Text | Font 命令，可对字体进行调节；选择 Text | Size 命令，可调整字体大小；选择 Text | Style 命令，可以调整字符类型（4 种）。

③ 在图形模型窗口双击标题字符，打开 Text String 对话框，进入编辑状态，可以对标题字符串的内容进行编辑修改。

④ 重复上述过程，依次标注输入图像“Input Image”，卷积核“Convolve Kernel”，输出图像“Output Image”。

⑤ 在图形模型窗口双击函数图形，打开函数定义对话框，在函数定义框中选择剪贴函数表达式（Ctrl+C），在 Text String 对话框中粘贴函数表达式（Ctrl+V）。

⑥ 得到注释以后的图形模型（图 9.20）。

5）保存图形模型

图形模型是用户设计的模型的可视化表达，具有直观明了的特点，对图形模型的保

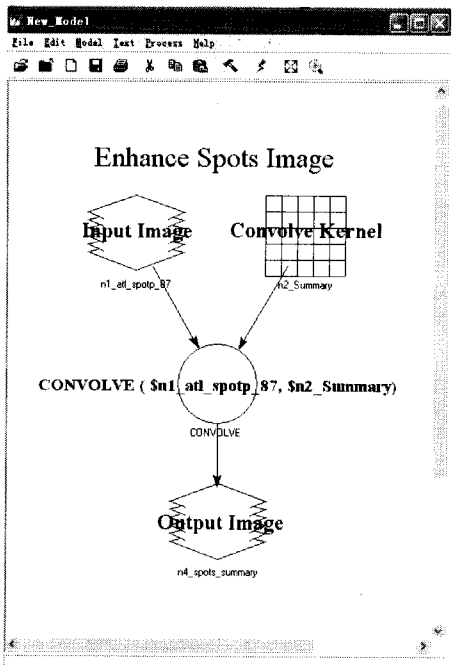


图 9.20　注释以后的图形模型

存，不仅有助于用户后期对模型进行分析与纠错，而且可以给其他用户作为参考。

选择 File | Save As 命令，打开 Save Model 对话框，如图 9.21 所示进行设置后，单击 OK 按钮，关闭 Save Model 对话框，模型被保存。

6）运行图形模型

选择 Process | Run 命令，或者单击 Run 图标 ，模型被启动运行。

7）生成文本程序

用户用模型生成器设计的图形模型常常想封装成一段代码保存下来，以后可以随时使用，ERDAS IMAGINE 9.1 软件提供了图形模型生成文本程序的功能。在 Model Maker 中生成的图形模型可以保存为文本程序——空间建模语言程序，也可以叫做程序模型（*.gml）。程序模型可以在 ERDAS IMAGINE 9.1 文本编辑器（在 ERDAS IMAGINE 主菜单，选择 Tools | Edit Text Files 命令，打开文本编辑器）中进行编辑，也可以再次运行或保存在空间模型库中。由图形模型生成 SML 文本程序的具体操作过程如下：

（1）选择 Process | Generate Script 命令，打开 Generate Script 对话框（图 9.22）。

（2）在 Generate Script 对话框中，保存文本程序文件目录为 models，文件名称（Script Name）为 spots _ summary. mdl。

（3）单击 OK 按钮，关闭 Generate Script 对话框，生成文本程序。

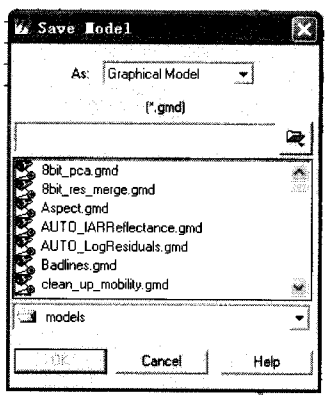


图 9.21　Save Model 对话框

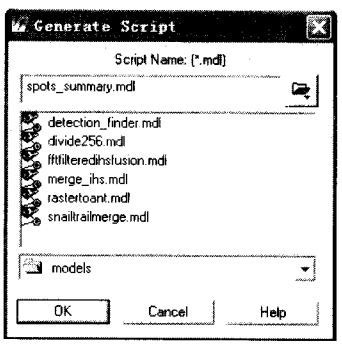


图 9.22　Generate Script 对话框

(4) 在如图 9.23 所示的 Model Librarian 对话框中，可以直接运行程序模型，可以将程序模型的运行交给批处理进程，可以删除程序模型，可以编辑程序模型。

单击 Edit 按钮，打开文本编辑器（图 9.24）。

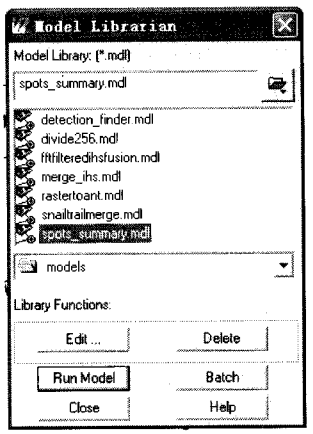


图 9.23 Model Librarian 对话框

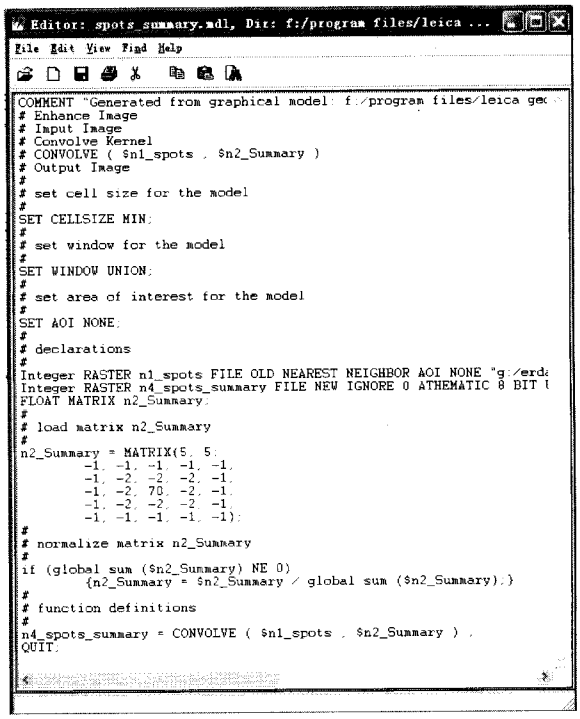


图 9.24 文本编辑器

① 应用文本编辑器中的编辑命令和工具修改程序。

② 选择 File | Save 命令，保存修改程序。

③ 单击 File | Close 命令，退出编辑状态。

8) 打印图形模型

图形模型是用户空间建模思想的真实体现，也是其他用户对模型进一步分析的好素材。ERDAS IMAGINE 9.1 软件支持图形模型的打印输出。图形模型的输出可以有多种选择：其一是保存为 IMAGINE 的注记文件；其二是保存为 Postscript 压缩文件；其三是直接打印输出。

前两种输出方式可以通过保存文件操作完成（File | Save As），第三种打印输出过程具体步骤如下：

(1) 设置纸张大小。

① 选择 File | Page Setup 命令，打开 Page Setup 对话框（图 9.25）。

② 选中 Print Page Numbers 复选框，选择打印页码。

③ 单击 OK 按钮，关闭 Page Setup 对话框，应用页面设置。

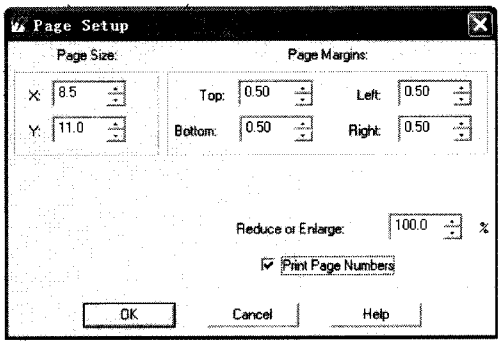


图 9.25　Page Setup 对话框

(2) 预览分页线。

选择 File Show Page Breaks 命令。如果图形模型范围超出一页纸，窗口中显示分页线。如果图形模型范围在一页之内，窗口中没有分页线。

(3) 打印输出。

选择 File | Print 命令，或者单击 Print 图标 。

9.4　批处理操作

9.4.1　批处理功能介绍

用户在对很多数据进行重复操作时，希望软件能提供一种功能，让很多执行操作按照自己需要的顺序和参数排列，并按照自己设计的时间安排，让机器自动执行。ERDAS IMAGINE 9.1 提供给用户批处理的处理方式。通过批处理方式，用户可以用“一个或者多个命令（功能）”来处理“一个或者多个”文件，这个功能在安排系统处于不繁忙状态时处理某些数据，或者对大量数据进行相同处理过程时非常有用，如对数百个图像进行二次投影变换处理的情况。批处理操作是空间建模的高级手段，真正实现了机器代替人的操作过程。

ERDAS IMAGINE 9.1 中的批处理功能是通过向导的方式来实现的。一个批处理是以存放在确定目录下的几个文件的形式存在的。可以在 ERDAS IMAGINE 9.1 菜单条 Session 的 Preferences 中设置该目录。例如，设 C:\Project\ 为默认目录，在名字为 User 的计算机上以 Administrator 登录，产生一个名字叫做 Batch Process 的批处理，实际将在 C:\Proiect\User\Administrator 下产生几个后缀不同的名为 Batch Process 的文件。这些文件基本都是文本文件，如 BatchProcess.bat、BatchProcess.bcf、BatchProcess.bls、BatchProcess.id、BatchProcess.lck 和 BatchProcess.log 等。每个文件的具体含义请参见 ERDAS IMAGINE 9.1 的联机帮助。另外，在 Scheduled Batch Job List 中也有各个批处理文件的位置信息。

9.4.2 批处理操作过程

1）单文件单命令批处理

通过单文件单命令批处理的建立，可以将处理过程安排在系统不繁忙时进行，这在对大容量文件进行耗时处理时非常有用。下面以 GIS 分析功能中的 Clump 命令（聚类统计）为例说明如何对一个文件进行单命令批处理操作。

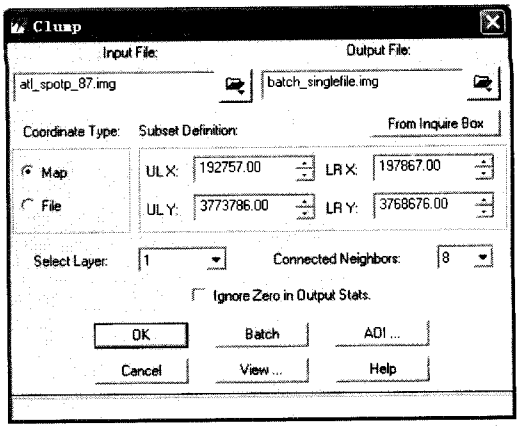


图 9.26 Clump 对话框

（1）启动 Clump 工具。

在 ERDAS 主窗口，选择 Interpreter 图标 | GIS Analysis | Clump 命令，打开 Clump 对话框（图 9.26）。

在 Clump 对话框中，选择处理图像文件（Input File）为 C:\Program Files\Leica Geosystems\Geospatial Imaging 9.1\examples\atl_spotp_87.img；输出图像文件（Input File）为 batch_singlefile。Coordinate Type、Subset Definition 等项的含义参见本书相关内容，这里使用默认设置。

（2）启动批处理功能。

在 Clump 对话框中单击 Batch 按钮，启动批处理向导，调出 Select Type of Command Processing 窗口（图 9.27）。关于图 9.27 所示 Select Type of Command Process 面板中的设置项功能见表 9.3。

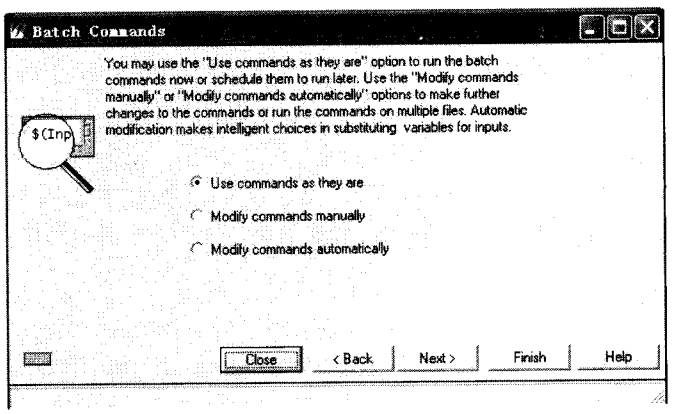


图 9.27 Select Type of Command Processing 窗口

表 9.3 Select Type Of Command Processing 面板选择项简介

设置项	设置项的简介
Use commands as they are	将命令传给日程服务，可以让该命令立即执行，如果系统允许的话，也可以设置为随后执行
Modify commands manually	将激活 Edit Commands/Create Variables 面板以手工修改命令
Modify commands automatically	将激活 Edit Commands/Create Variables 面板并且自动用变量名字代替文件名字，而且也允许再进行手工编辑

在 Select Type Of Command Processing 面板，选择 Use commands as they are | Next 按钮，打开 Select When to Process Commands 窗口（图 9.28）。

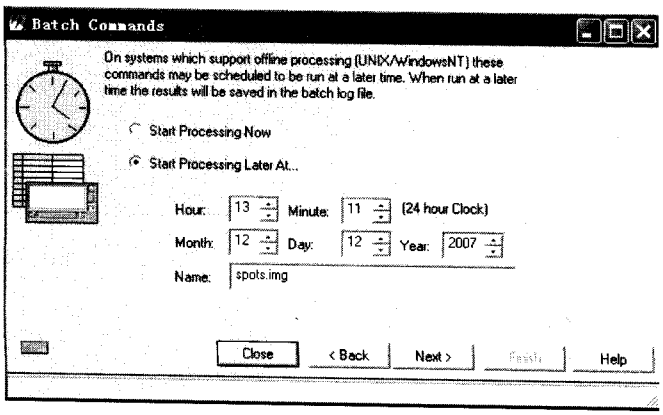


图 9.28 Select When to Process Commands 窗口

① 如果想立即进行处理，则使用默认选项并单击 Finish 按钮。

② 如果想随后处理，则选择 Start Processing Later At 单选按钮，并设置处理过程的开始时间、命名该批处理，然后单击 Finish 按钮，则到预定时间系统将开始处理过程。

若要删除、查看或者编辑系统已经完成或还未进行的批处理过程，可以在 ERDAS IMAGINE 主菜单，选择 Session | View Offline Batch Queue 命令，打开 Scheduled Batch Job List 对话框，其中列出了所有完成、正在进行、还未进行的批处理。

对已经完成的批处理，用户选中它后可以通过 Log 按钮查看有关这个批处理的记录，这对检验批处理是否达到预期目的是很有用的。

2）多文件单命令立即批处理

在实际工作中经常要对多个文件执行同一类型的操作。本小节将通过对多个 image 图像进行统计值计算来说明如何利用 ERDAS IMAGINE 9.1 的批处理功能对多个文件执行单一命令的立即批处理操作。

（1）启动命令的批处理功能。

在 ERDAS 主菜单，单击 Tools | Image Command Tool 命令，打开 Image Commands 对话框。

① 选择一幅 image 图像：atl _ spotp _ 87. img。

② 选中 Compute Statistics 复选框。

③ 单击 Batch 按钮，调出 Select Type of Command Processing 窗口（图 9. 27）。

如果想立即进行统计计算，则单击 Select Type of Command Processing 窗口的 Finish 按钮，此时系统就会进行处理。如果想使这个处理过程自动作用于多个文件，则继续下面的步骤。

（2）批处理对象名称的变量化。

在 Select Type Of Command Processing 窗口，选择 Modify commands manually | Next 按钮，打开 Edit Commands/Create Variables 窗口（图 9. 29）。

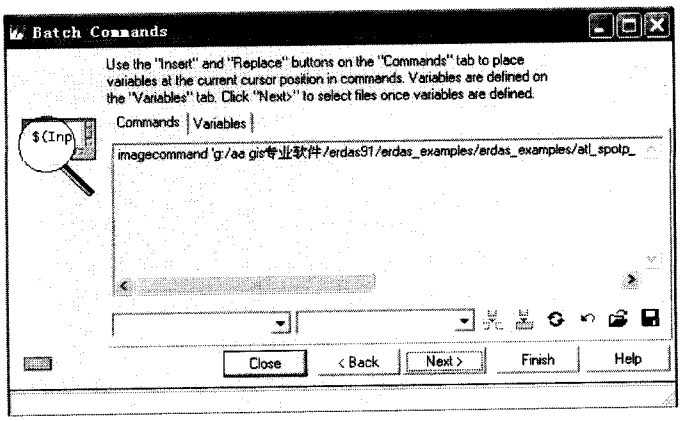


图 9. 29　Edit Commands/Create Variables 窗口

Edit Commands/Create Variables 窗口有两个选项卡，Commands 和 Variables。

从 Commands 选项卡可以看到有一个命令行，它的含义是“对哪个文件基于何种设置进行何种处理”。处理对象（本例是 atl _ spotp _ 87. img）是用文件的全路径名字（路径及名字）来确定的。为了使该命令作用于多个图像文件，需要将 atl _ spotp _ 87. img 文件的全路径名字用一个变量代替，并使该变量对应于多个图像文件的全路径名。

Edit Commands/Create Variables 对话框的 Variables 选项卡的具体设置和使用将在“多文件多命令批处理”中的“批处理对象名字的变量化”中介绍，这里对 Commands 选项卡几个按钮的含义进行说明（表 9. 4）。

表 9. 4　Edit Commands/Create Variables 窗口中 Commands 选项卡图标功能简介

图形	功能简介
	自动生成变量以代替输入文件名和输出文件名
	在命令行的光标位置处将选定的变量插进去
	用选定的变量代替命令行中光标所在位置的参数(如一个文件的全路径名字)。命令行中的光标尽管只占了一个位置，但却代表了一个参数，可以双击光标，则它代表的参数将显示出来
	Commands选项卡中的命令可以存储成一个批处理命令文件（.bcf），以后在其他批处理设置时，可以直接调用该命令
	直接调用批处理命令文件的内容。例如，正在设置一个有关统计的批处理，可以调用一个过去存储的有关产生金字塔层的批处理，此时有关统计的批处理工作将被取消而代之以有关金字塔层的批处理

(3) 将一个具体文件的名字变成一个抽象变量的名字。

在 Edit Commands/Create Variables 窗口，选择 Commands 选项卡 | ✿ 图标。

此时命令行处理对象（atl _ spotp _ 87. img）的全路径名字被一个变量（默认为 Input）所代替。这个变量名字目前只与一个文件（atl _ spotp _ 87. img ）的全路径名字关联，下面将使该变量与多个文件名字关联起来，以通过该变量使多个图像得到处理。

(4) 变量与多个图像文件建立关联。

在 Edit Commands/Create Variables 窗口，单击 Next 按钮，打开 Select Files to Process 窗口（图 9. 30）。通过功能图标在 Select Files to Process 窗口中加入多个需要处理的文件。

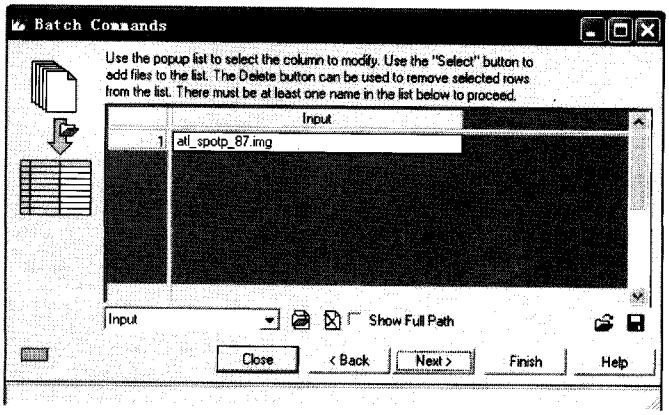


图 9. 30　Select Files to Process 窗口

从 Select Files to Process 窗口面板上可以看到，变量 Input 与 atl _ spotp _ 87. img 是相关联的，现在要通过本对话框的几个工具将另外几个需要处理的文件的全路径名字与变量 Input 关联起来。

(5) 批处理的立即执行。

在 Select Files to Process 窗口，单击 Finish 按钮，执行批处理。

3) 多文件单命令随后批处理

在上一节的最后一步，如果不单击 Finish 按钮而单击 Next 按钮就将对“作用于多个文件的”批处理命令进行时间设置，从而可以设置为随后处理。操作如下（前 4 步同“多文件单命令立即批处理”的前 4 步）。

(1) 在 Select Files to Process 窗口，单击 Next 按钮，打开 Select When to Process Commands 对话框。

① 选择 Start Processing Later At 单选按钮。

② 确定批处理的执行时间，在 Name 文本框为该批处理命一个名字。

③ 单击 OK 按钮，返回 Select Files to Process 对话框。

(2) 向服务日程提交批处理任务。

在 Select Files to Process 对话框中，单击 Finish 按钮，提交批处理任务。

4）多文件多命令批处理

在实际工作中经常要涉及比前面几个例子更复杂的情况：对大量数据要进行多步操作，前一步的输出将是后一步骤的输入。对这种情况进行批处理设置对工作很有帮助，这就是多文件多命令批处理需要解决的问题。

本例将对多个图像文件进行 3 步处理：首先，进行直方图均衡；其次，对直方图均衡的结果进行亮度反转；最后，对结果产生金字塔层。

操作流程图如图 9.31 所示。

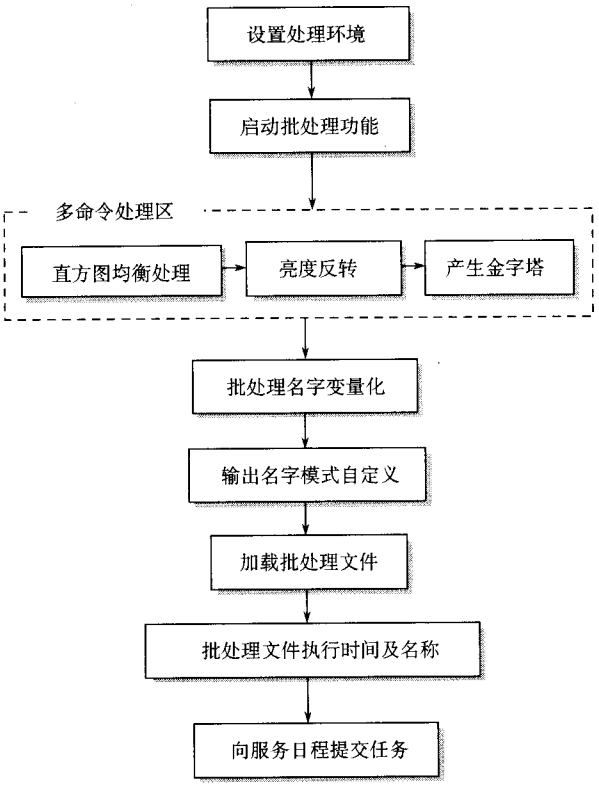


图 9.31　多文件多命令批处理操作流程图

（1）处理环境设置。

在 ERDAS 主菜单，选择 Session | Preferences 命令，打开 Preferences Editor 对话框。

① 在目录（Category）中选择 Batch Processing。

② 选中 Run Batch Commands in Record Mode 复选框（只有这样，批处理才可以连续执行几个步骤，而且前一步的输出才可以作为后一步的输入使用）。

③ 单击 User Save 按钮。

④ 单击 Close 按钮。

（2）启动批处理记录功能。

在 ERDAS 主菜单，选择 Session | Start Recording Batch Commands 命令，打开 Record Commands for Automation 窗口（图 9.32）。

窗口左下角有一个方形的记录指示灯在闪烁，表明现在处于记录状态，不要关闭该对话框，继续执行一下操作。

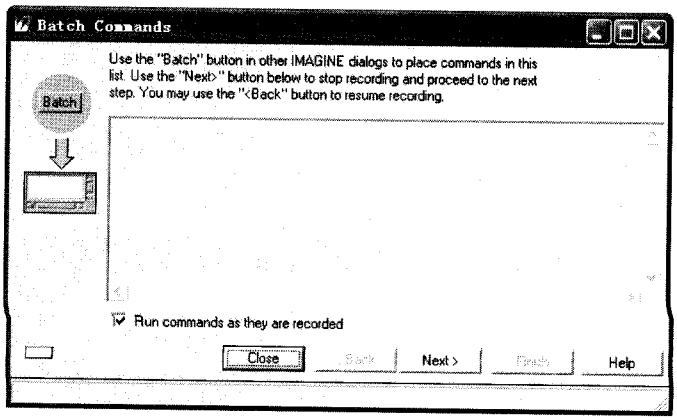


图 9.32　Record Commands for Automation 窗口

（3）直方图均衡处理。

在 ERDAS 主窗口，选择 Interpreter 图标 | Radiometric Enhancement 命令，打开 Histogram Equalization 对话框。

设置直方图均衡处理参数，如图 9.33 所示。选择输入数据（Input File）为 C:\Program Files\Leica Geosystems\Geospatial Imaging 9.1\examples\atl_spotp_87.img，选择输出数据（Output File）为 ...\Chp9\Tutor\spot87_output.img。最后单击 Batch 按钮，实现批处理操作。

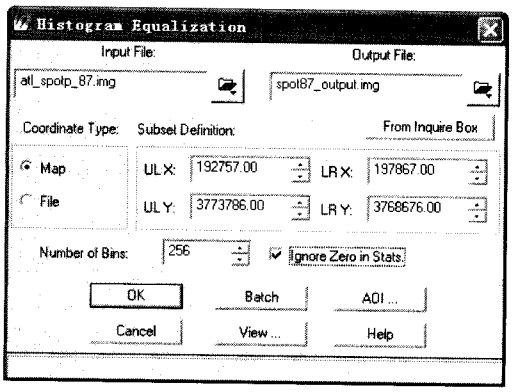


图 9.33　Histogram Equalization 对话框

由于（2）使得 Record Commands for Automation 对话框处于记录状态，此时单击 Histogram Equalization 对话框的 Batch 按钮，不会像前两个例子一样打开 Select Type

of Command Processing 对话框，而是导致此功能的立即执行并且在 Record Commands for Automation 面板记录下来。

（4）亮度反转处理。

在 ERDAS IMAGINE 主窗口，选择 Interpreter 图标 | Radiometric Enhancement | Brightness Inversion 命令，打开 Brightness Inversion 对话框（图 9.34）。

设置亮度反转处理参数，请注意：这里的输入文件是（3）操作的输出文件 spot87 _ output. img，输出文件定为实验数据中…\Chp9\Tutor\spotrev. img。最后，单击 Batch 按钮，实现批处理操作。

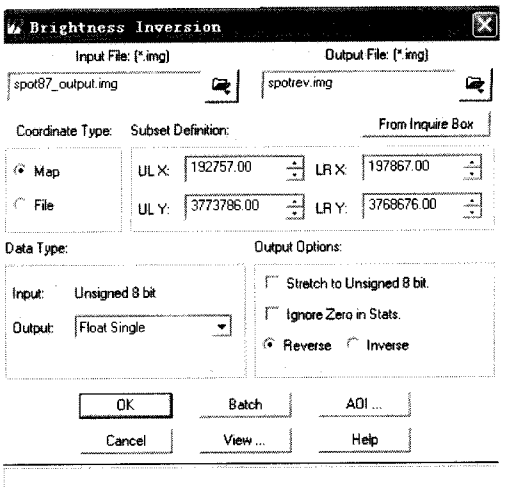


图 9.34　Brightness Inversion 对话框

与（3）相同，单击 Batch 按钮将立即执行 Brightness Inversion 处理功能的实现，并在 Commands for Automation 对话框自动记录。

（5）产生金字塔层。

① 在 ERDAS IMAGINE 主菜单，选择 Tools | Image Command Tool 命令，打开 Image Commands 对话框。

② 选择输入文件（Image File）为 spotrev. img（请注意：这里的输入文件是（4）操作的输出文件）。

③ 选中 Compute Pyramid Layers 复选框 | Option 按钮，打开 Pyramid Layers Options 对话框。

④ 在 Kernel Size 下拉框中选择 2×2；取消选中 External File 复选框。

⑤ 单击 OK 按钮，返回 Image Commands 对话框。

⑥ 单击 Batch 按钮，实现批处理操作。

与第（3）、（4）相同，单击 Batch 按钮将导致金字塔层计算的实现以及在 Record Commands for Automation 对话框得以记录。

从（3）到（5）执行了 3 个功能，这些操作同时得以记录于 Record Commands for Automation 对话框。注意 Record Commands for Automation 对话框中的内容，可知记录的 3 个命令行中所有文件名都是具体的文件名，下面几步将把文件名字转为变量名以便该 Batch 可用于其他文件处理过程。

（6）批处理对象名字的变量化。

①在 Record Commands for Automation 窗口（图 9.32），单击 Next 按钮，打开 Select Type of Command Processing 对话框。

②选择 Modify commands automatically 单选按钮，单击 Next 按钮，打开 Edit Commands/Create Variables 窗口。

从 Edits Commands/Create Variable 对话框 Commands 选项卡可知此时所有命令的

输入、输出文件名字都用变量名进行了代替。这 3 个变量名字默认为“Input”、“Templ”和“Output”，如图 9.35 所示。

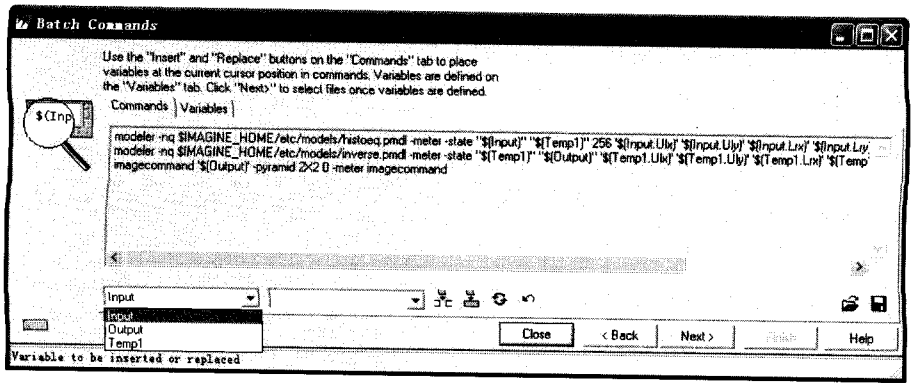


图 9.35　Edits Commands/Create Variable 对话框 Commands 选项卡

打开 Variables 选项卡，可以看到对这几个变量的设置。Input 是用户输入的，因此为 User 型。对 Templ，系统将其名字改为 $（Input. root）_ spot87 _ output. img，如 Input 为 abc. img，则 Templ 将为 abc _ image. img。比较特殊的是对 Templ 系统选中了两个复选框，即 Delete before Processing 和 Delete After Processing。选 Delete Before Processing 复选框是指生成 Templ 以前只是将同一目录下的同名文件删除，这是为避免由于同名文件存在导致中间文件不能生成；选中 Delete After Processing 复选框是指 Templ 作为输入文件的使命完成后将其删除，因为 Templ 是一个中间文件，没必要保留。再看 Output 变量，系统将其名字改为 $（Input. root）_ spotrev. img，如 Input 为 abc. img，则 Output 将为 abc _ image. img，这说明输出文件（如 Output）的名字设置不一定只能基于其直接的输入文件（如 Templ）。对 Output，Delete Before Processing 复选框被选中，而 Delete After Processing 未被选中。

（7）输出文件名字模式的自定义。

对 Auto 型变量的名字模式可以进行调整，单击 Edit Commands/Create Variables 对话框的 Variables 标签，以打开 Variables 选项卡。选择一个 Auto 型的变量后，单击其 Pattern 编辑框右部的 Set 按钮可以调出 Edit Replacement Pattern 对话框。使用时先选择 Templates 中的合适元素，从而在 Pattern 中的光标处放置一个“空模式”，然后将光标放在“空模式”中的合适位置，单击 Variables、Functions 列表框中的恰当元素，将空模式填充上。

（8）加载批处理输入文件。

① 在 Edit Commands/Create Variables 对话框，单击 Next 按钮，打开 Select Files to Process 对话框。

② 单击 Add Files 图标，打开 Select Batch Files 对话框。

③ 单击 Multiple File Selection 标签，进入 Multiple File Selection 选项卡。

④ 选中 Use the following Selection Patten 复选框，选择输入文件格式（Selection Pattern）为 C: \ Program Files \ Leica Geosystems \ Geospatial Imaging 9.1 \

examples \ atl _ spot * . img

⑤ 单击 OK 按钮，返回 Select Files to Process 对话框。

这样，目录下所有 atl _ spot 开头的图像文件都被加载到批处理中。

(9) 批处理执行时间及名字。

① 在 Select Files to Process 对话框，单击 Next 按钮，打开 Select When to Process 对话框。

② 选择 Start processing later at 单选按钮，确定批处理的执行时间，在 Name 文本框为该批处理命一个名字。

批处理的名字中不能用某些特殊的字符，如 v、?、 | 、<、>、 * 及空格和 TAB 键等。如果使用这些符号，系统会自动将其转换为下划线 (_)。

(10) 向服务日程提交批处理任务。

在 Select Files to Process 对话框，单击 Finish 按钮，提交批处理任务。

第十章　立体分析

立体分析 Stereo Analyst 是 ERDAS 软件中的一个模块，能够直接从影像获取地理要素的三维地理信息，可用于在没有数字高程模型的情况下，实现不同影像三维信息的精确采集、解译、可视化，还可以将二维信息转换为三维信息。

10.1　基础理论

本节主要介绍立体分析的基本功能、简单原理和基本的操作。

10.1.1　立体分析概述

（1）立体分析功能。

① 高效、简便地获取可靠的、真实的地理三维信息。

② 提供道路、建筑物、地籍等信息的省时的、自动的获取工具。

③ 自动获取空间相关的属性数据。

④ 使用高分辨率影像，编辑和更新二维和三维信息。

⑤ 能接收多种相机获取数据并从中采集三维信息，如航空的、录像的、数字的和业余方式的相机。

⑥ 测量三维信息，包括三维点位、距离、坡度、面积、角度、方位。

⑦ 采集 X，Y，Z 点群和特征线，用于生成 TIN。

⑧ 从表面立体测量源创建 DSM。

⑨ 直接输出和使用 ESRI 的三维 Shape 文件用于 ERDAS IMAGINE 和 ESRI Arc 产品。

（2）立体分析模块设计的目标。

① 为从影像中保质保量地采集地理信息，提供一种易学易用的航片卫片解译工具。

② 提供一个快速和优化的三维可视化环境。

③ 在数字摄影测量与 GIS 间提供技术衔接桥梁。

④ 提供一种采集高程信息的直觉工具。

⑤ 为地理信息系统提供信息采集工具。

⑥ 提供一种检验所采集数据的精度的工具。

（3）立体分析的菜单条。

立体分析的菜单条主要由文件（File）、工具（Utility）、视图（View）、要素（Feature）、栅格（Raster）、帮助（Help）组成，如表 10.1 所示。

表 10.1　立体分析的主要菜单列表及功能

工具	功能	要素	功能	栅格	功能
Terrain Following Cursor	地形表面跟踪光标	Feature Project Properties	要素工程属性	Undo Raster Edit	取消栅格编辑
Fixed Cursor	固定光标	Undo Feature Edit	取消要素编辑	Left Image >	左航片显示
Maintain Constant Cursor Z	保持光标的 Z 值不变	Cut	剪切	Right Image >	右航片显示
Left Only Mode	控制左航片	Copy	复制	Band Combinations	波段组合
Right Only Mode	控制右航片	Paste	粘贴	Data Scaling	设置数据拉伸
Rotation Mode	旋转模型	Show XYZ Vertices	显示顶点	Histogram Equalize	直方图均衡化
Block Image Path Editor	影像路径编辑器	Show All Features	显示所有要素	Standard Deviation	标准差拉伸
Create Stereo Model Tool...	创建立体模型对话框	Hide All Features	隐藏所有要素	General Contrast	通用对比设置
3D Measure Tool...	启动三维测量工具面板	Show 3D	显示三维	Brightness/Contrast	亮度对比度
Position Tool...	启动定位工具面板	Feature View	要素视图	Piecewise Constrast 、	分段对比
Geometric Properties...	启动几何属性面板	2D Snap	二维捕捉	BreakPoints	设置折断点
Stereo Analyst Options...	立体分析选项	3D Snap	三维捕捉	Load BreakPoints	加载折断点
		Boundary Snap	边界捕捉	Save BreakPoints	保存折断点
		Right Angle Mode	右角模式		
		Parallel Line Mode	平行线模式		
		Stream Digitizing Mode	流数字化模式		
		Polygon Close Mode	多边形封闭模式		
		Reshape	整形		
		Extend Polyline	扩展线		
		Remove Line Segment	移出线段		
		Add Element	添加元素		
		Select Element	选择元素		
		3D Extend	三维拉伸		
		Import Features...	导入要素		
		Export Features...	导出要素		

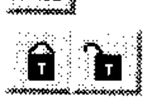
（4）立体分析的工具条（表 10.2）。

表 10.2　立体分析的工具列表

	新建	打开一个新的空数字立体镜空间
	打开	打开文件装入立体镜空间
	保存	保存对要素的修改
	选择立体像对	打开立体对选择对话框，选择其他的立体对在立体镜空间显示
	擦除立体视图	清除立体镜空间显示内容，包括影像和创建的要素
	影像信息	显示在立体镜空间中位于顶部的栅格层的信息，包括单元大小、行列数及其他影像细节
	全屏	在主视图中显示整个立体场景
	还原	还原到影像的原始解析度和旋偏角的场景
	1：1视图	调整场景为屏幕像素与影像像素分辨率比为1：1
	光标跟踪	开关按钮，在是否显示左右片间切换
	三维要素视图	显示三维要素视图
	反立体	将左右片互换
	更新	当设置了回退模式时，用于更新场景的显示
	固定光标模式	固定光标位置，移动影像
	创建立体模型	打开创建立体模型对话框，输入立体相关参数，生成块文件
	三维量测工具	在立体像对上进行三维量测，可测得点线面的三维坐标和坡度
	定位工具	打开定位工具，自动置于数字立体镜空间环境底部
	几何属性	显示几何属性对话框，包括投影、相机、栅格等信息
	旋转	生成一个目标，用于旋转数字立体镜空间中的影像
	左缓冲	独立地移动左影像，当有块文件时此按钮无效
	右缓冲	独立地移动右影像，当有块文件时此按钮无效

（5）立体分析的要素工具（表 10.3）。

表 10.3　立体分析的要素工具列表

	选择	在要素工程中使用该工具选择要素，进而使用其他编辑工具编辑该要素
	拉框选择	在要素工程中使用该工具可以拉框选择要素，然后可对所选的要素集进行操作
	加锁/解锁	解锁工具用于锁定要素集或编辑工具，以便重复使用。完成后单击锁定图标释放工具
	剪切	剪切要素
	复制	复制要素
	粘贴	粘贴要素
	绘制直角要素	点击该图标后，绘制的要素呈90°角

续表

	绘制平行要素	产生平行线要素
	流模式要素	启动要素的流输入模式，可自动连续输入要素顶点
	封闭多变性	完成封闭多边形
	整形要素	选定要素后可以编辑要素的顶点
	折线延长	在已存在的折线要素端点增加顶点
	部分删除	从线要素中删除部分线段
	增加元素	给已经存在的要素添加元素
	选择元素	选择要素中的元素而非整个元素
	三维	延长要素的拐角直达地面形成三维

10.1.2 坐标系统

摄影测量学的主要任务是研究像片与所摄物体之间的内在几何和物理关系。利用这种几何关系可以确定被摄物体的形状、大小、位置等几何特性；利用它们之间的物理关系可以判定所摄物体的性质，做出正确解译。

立体分析通过量测航片上的地物影像获取相应地面点的坐标，航片上的坐标系统和地面的坐标系统种类不一，需要进行从航片到地面坐标的一系列转换，首先要明确地知道相应的坐标系统和它们之间的关系。

航空摄影测量的几何处理任务是根据像片上像点的位置确定相应的地面点的空间位置。为此，首先必须选择适当的坐标系来定量地描述像点和地面点，才能实现坐标系的变换，从像方量测值求出相应点在物方的坐标。摄影测量中常用的坐标系有两大类：一类是用于描述像点的位置，称为像方空间坐标系；另一类是用于描述地面点的位置，称为物方空间坐标系。

1）像素坐标与影像坐标

像素坐标系与影像坐标系如图 10.1 所示。

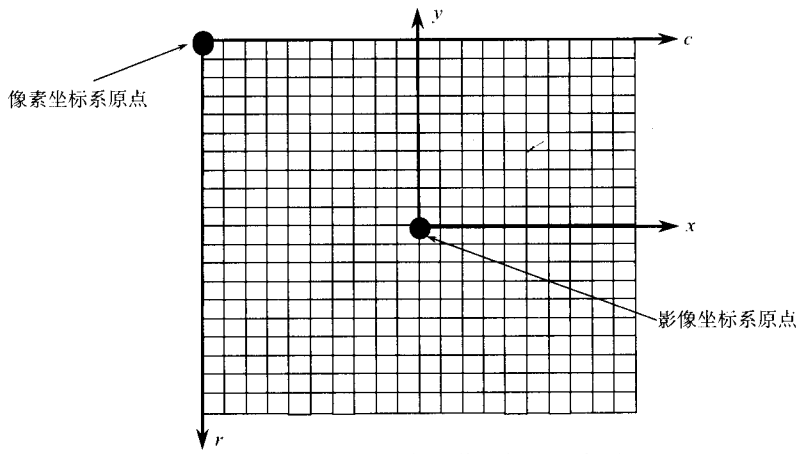


图 10.1　像素坐标系与影像坐标系示意图

航片通常是以像素来存储的，像素的坐标用其所在的行列号来表示，起点一般选在影像的左上角，向右列值增加，向下行值增加；在航片上进行测量所得到的坐标属于影像坐标系，其坐标原点常选在影像中心，实际操作中常将框标的连线交点定义为坐标系的原点，形成框标坐标系，其 x 轴沿着左右中心框标连线指向飞行方向，y 轴沿着上下中心框标连线垂直于飞行方向并和 x 轴构成右手系。

2）物方空间坐标系

描述地面点在物方空间的位置，包括以下三种坐标系。

（1）地面坐标系统。

具有地图投影的三维坐标系统（X，Y，Z）。

（2）地心坐标系统。

原点在地球椭球体中心，以地球自转轴和格林威治子午线为轴。

（3）站心坐标系统。

以影像中心点为坐标原点，在切平面的中心点处定义坐标系。

用摄影测量方法，研究被摄物体的几何信息和物理信息时，必须建立该物体与像片之间的数学关系。为此，首先要确定航空摄影瞬间摄影中心与像片在地面设定的空间坐标系中的位置与姿态，描述这些位置和姿态的参数称为像片的方位元素。

3）影像空间坐标系统与地面空间坐标系统

影像空间坐标系统与地面空间坐标系统如图 10.2 所示。

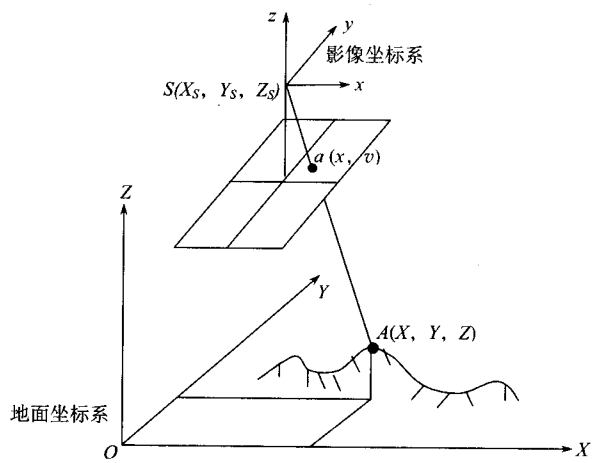


图 10.2　影像空间坐标系统与地面空间坐标系统示意图

10.1.3　内定向

内定向是指根据测量的像片四角框标坐标和相应的摄影机检定值，恢复像片与摄影

机的相对位置，即确定像主点在框标坐标系中的坐标（图 10.3）。

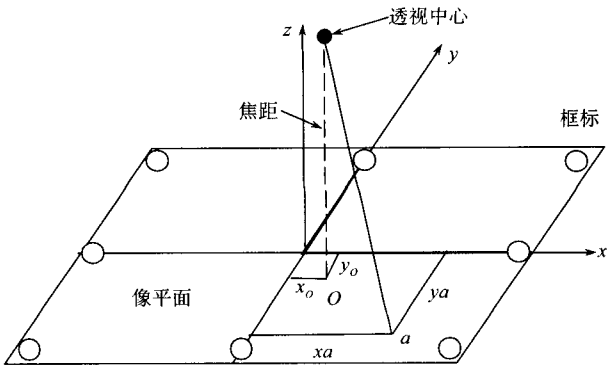


图 10.3　内定向示意图

框标：设置在摄影机焦平面（承影面）上位置固定的光学机械标志，用于在焦平面上（也即像片上）建立影像坐标系。

内方位元素：确定投影中心（物镜后节点）相对于像平面位置关系的参数。具体包括三个：像主点 O 在框标坐标系中坐标（x_o，y_o）和主距 f。

内方位元素一般视为已知，由制造商检验摄影机并写在仪器说明书上。内方位元素值正确与否，直接影响测图精度，因此须对航摄机定期鉴定。

10.1.4　外定向

用于确定摄影时相机的位置（X_S，Y_S，Z_S）和姿态（ω，φ，κ），或者说建立影像空间坐标系与地面空间坐标系之间的关系。

像片（摄影机）的外方位元素，如图 10.4 所示。

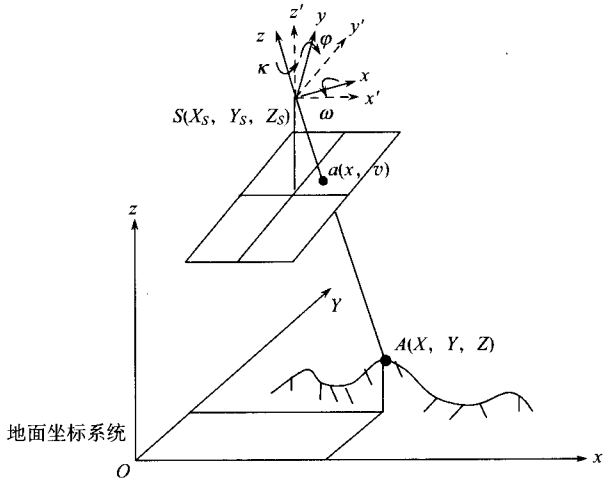


图 10.4　航片外方位元素

（1）三个线元素。

摄影瞬间投影中心 S 在空间坐标系中坐标（X_S，Y_S，Z_S）

（2）三个角元素。

摄影瞬间像片在空间坐标系中的姿态角（二个角度确定主光轴方位，另一个角度确定像片在像平面内的方位）

当求取像片的内外方位元素后，就能在室内恢复摄影光束的现状和空间位置，重建被摄影景物的立体模型，以获取地面景物的几何和物理信息。

10.1.5 共线方程

像片为中心射投影，投影中心、像点以及相对应的地面点三点处于同一直线上，满足共线方程（图 10.5）：

$$x_p - x_0 = -f\frac{m_{11}(X_P - X_{O_1}) + m_{12}(Y_P - Y_{O_1}) + m_{13}(Z_P - Z_{O_1})}{m_{31}(X_P - X_{O_1}) + m_{32}(Y_P - Y_{O_1}) + m_{33}(Z_P - Z_{O_1})} \tag{10.1}$$

$$y_p - y_0 = -f\frac{m_{21}(X_P - X_{O_1}) + m_{22}(Y_P - Y_{O_1}) + m_{23}(Z_P - Z_{O_1})}{m_{31}(X_P - X_{O_1}) + m_{32}(Y_P - Y_{O_1}) + m_{33}(Z_P - Z_{O_1})} \tag{10.2}$$

式中，（X_P，Y_P）为像点的像平面坐标；（X_P，Y_P，Z_P）为物点的物方坐标；（X_{O_1}，Y_{O_1}，Z_{O_1}）投影中心的物方坐标；$m_{11}\sim m_{33}$ 为像片旋转矩阵的方向余弦；f 为像片主距。

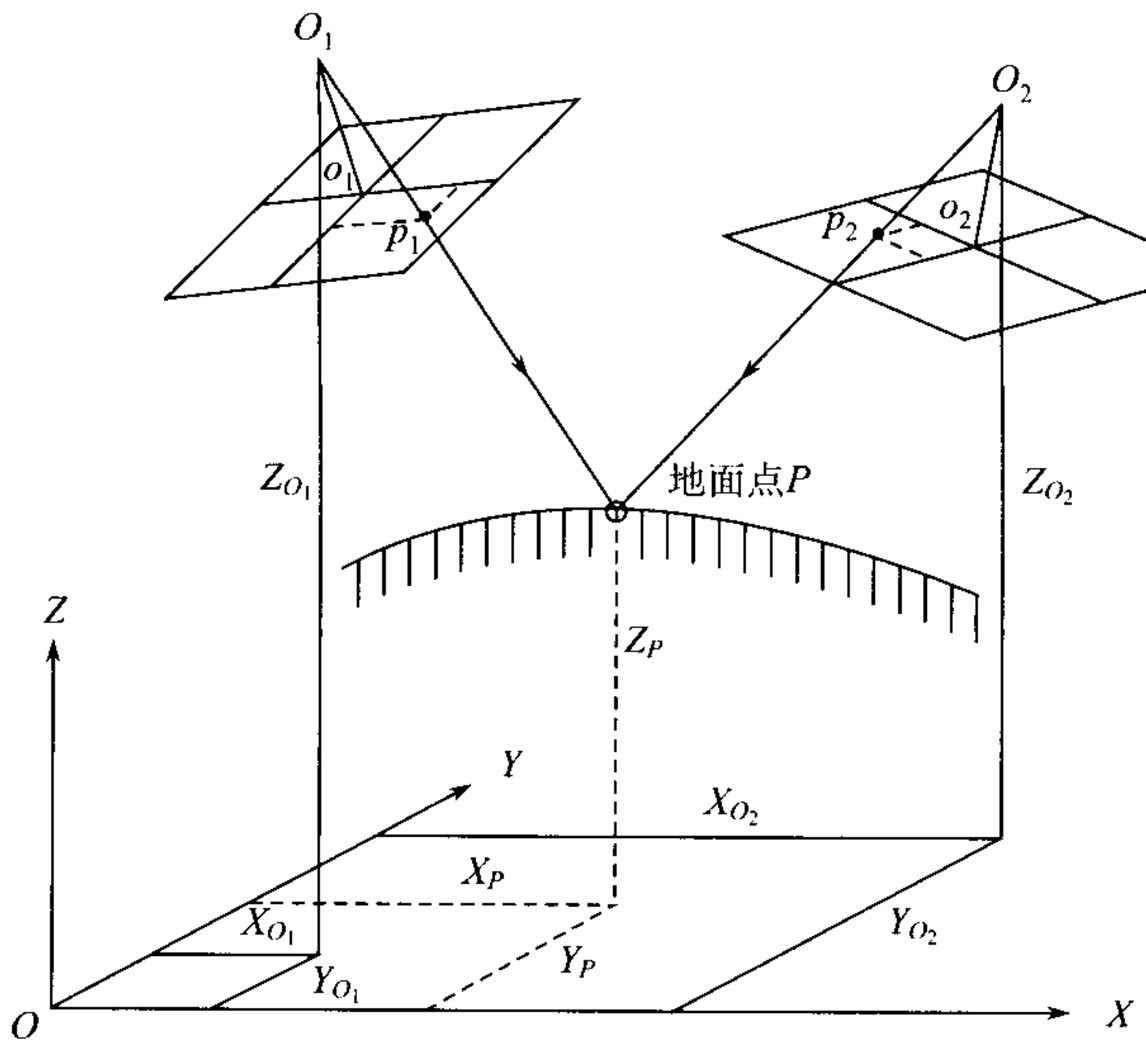


图 10.5 立体量测原理

10.1.6 空间前方交会

在求取像片的内外方位元素后，就能恢复摄影光束的现状和空间位置，重建被摄影景物的立体模型，以获取地面景物的几何和物理信息。

立体像对前方交会：由立体像对中两张像片的内、外方位元素和像点坐标来确定相应地面点在物方空间坐标系中坐标的方法。

假设已知外方位元素，在左片 1 上和右片 2 上测量分别测量地面点 P 的像点坐标，利用共线方程可以进行空间前方交会，确定出 P 点在地面空间坐标系中的坐标。

应用单张像片空间后方交会求得像片的外方位元素后，欲由单张像片上的像点坐标反求相应地面点的空间坐标，依据共线方程，显然是不可能的。因根据单个像点及其相应像片的外方位元素只能确定地面点所在的空间方向，而使用立体像对上的同名像点，就能得到两条同名射线在空间的方向，这两条射线在空间一定相交，其相交处必然是该地面点的空间位置。

10.1.7 立体模型和视差

从不同方向拍摄的像对，相当于左、右眼形成的两条视线，用人眼观察像片产生生理视差，重建空间景物的立体视觉，根据人造立体视觉原理，在摄影测量中，规定摄影时保持像片的重叠度在 60%以上，是为了获得同一地面景物在相邻两张像片上都有影像。

人造立体视觉必须符合自然界立体观察的四个条件：

(1) 两张像片必须是在两个不同位置对同一景物摄取的立体像对。

(2) 每只眼睛必须只能观察像对的一张像片。

(3) 两张像片上相同景物（同名像点）的连线与眼核线应大致平行。

(4) 两张像片的比例尺相近（差别<15%），否则需用 ZOOM 系统等进行调节。

例如，地面两点，A 是屋顶一角，B 点是地面点。

立体像对（图 10.6）的剖面图如图 10.7 所示。

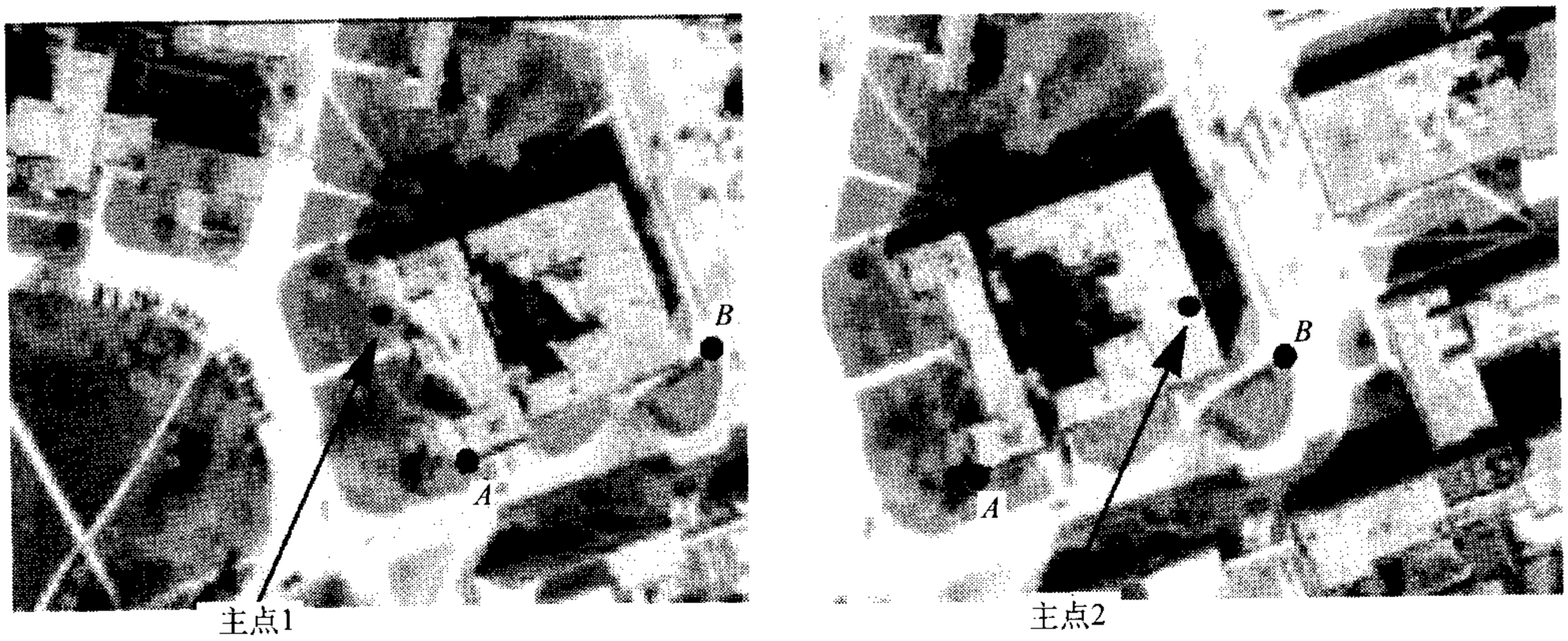


图 10.6 立体像对

A、B 在左片上的像是 a 和 b，在右片上的像是，a' 和 b'，A、B 先在左片成像 a、b，飞行器向前飞，地物点 A、B 又在右片上成像 a'、b'，由于 A 点高程高于 B 点高程，所以 aa' 的距离大于 bb'，这就是 x 视差。

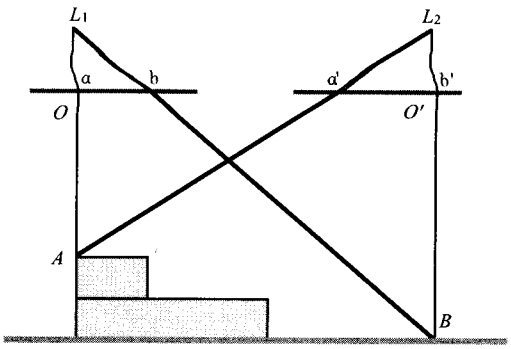


图 10.7　立体像对的剖面图

影响视差大小的因素主要是地面点的高程，地形发生变化，X 视差也随之发生变化，人脑就是通过视差获得地面点与其他特征点的高程差异（图 10.8）。

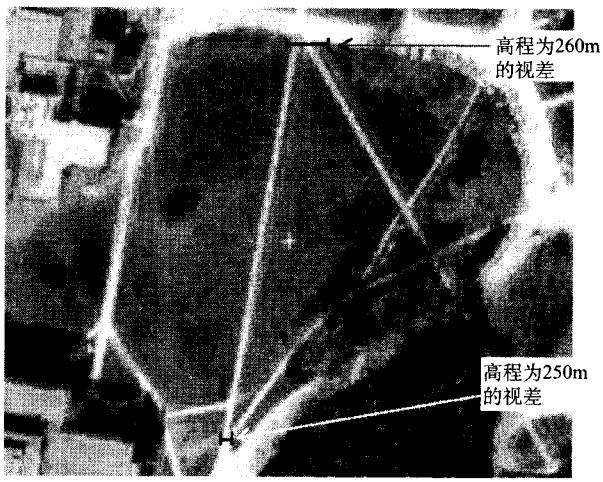
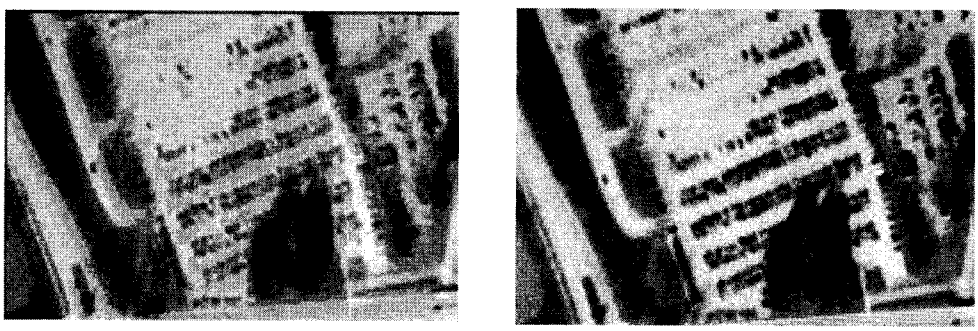


图 10.8　高程对视差的影响

运用三维地理影像技术，立体分析模块可将立体像对上记录的 X 视差信息转换为高程信息。Y 视差指立体像对上同名像点或投影点的纵坐标之差（图 10.9）。



有Y视差　　无Y视差

图 10.9　视差对比

10.1.8 三维浮动光标和要素采集

为了能从 DSM 上采集准确的三维 GIS 数据，必须调整三维浮动光标使其刚好落在采集要素上，三维浮动光标由立体像对中独立显示的左影像光标和右影像光标组成。左右影像光标代表的影像位置确定出立体相对中要素的位置，立体观测时，由于立体光标往往没有精确置于要素上，而是在其上或其下，因此得名浮动光标。三维浮动光标是立体分析模块用于采集三维地理信息的主要测标。

为了能从立体像对获取三维信息，必须得到如下信息：

(1) 立体像对中每张影像的位置信息：X，Y，Z。

(2) 立体像对中每张影像的姿态和方位信息。

(3) 相机定标信息：焦距、像主点等。

高精度的三维坐标信息需要准确的影像位置和定向信息。

ERDAS 中具体操作如下：

(1) 启动 EDRDAS，选择 Stereo 图标 | Stereo Analyst 命令，打开 Erdas Stereo Analyst 对话框，如图 10.10 所示。

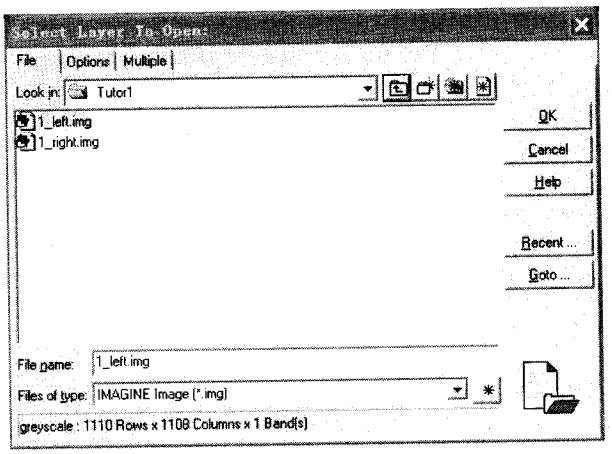


图 10.10 选择航片

(2) 打开一张影像文件，在 Erdas Stereo Analyst 视窗中，选择 File | Open | Open an Image in Mono 命令，选择… \ Chp10 \ Tutor1 \ 1 _ left. img。

(3) 选择 File | Open | Add a Second Image for Stereo 命令，选择… \ Chp10 \ Tutor1 \ 1 _ right. img (图 10.11)。

(4) 选左片缓冲区操作图标，按住左键拖动鼠标，让左右片重叠（依据图片中重叠的部分），如图 10.12 所示。

再次单击左片缓冲区操作图标，释放此功能。

(5) 选旋转操作图标，双击重叠区域，出现大的旋转靶区光标，将鼠标在旋转靶区单击，并移光标到靶区外较远处，出现旋转坐标轴，移动光标使左红右绿。

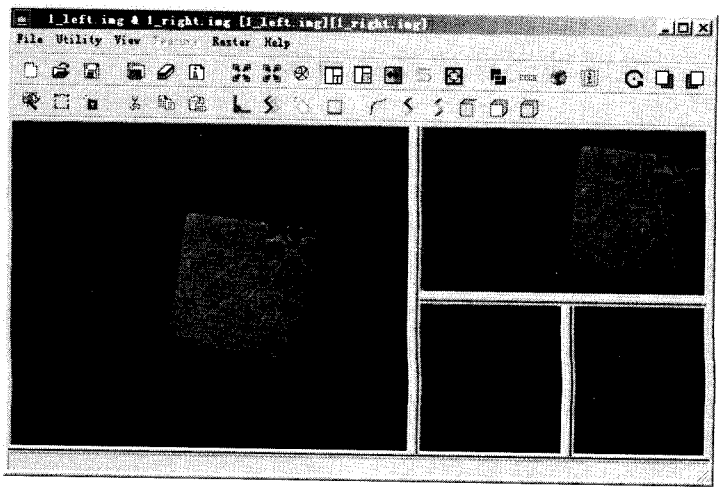


图 10.11　添加第二张航片

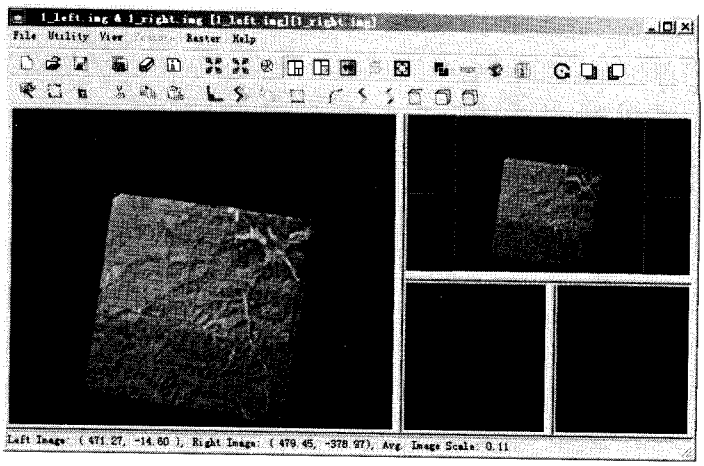


图 10.12　左右航片重叠

再次单击旋转操作图标，释放此功能，如图 10.13 所示。

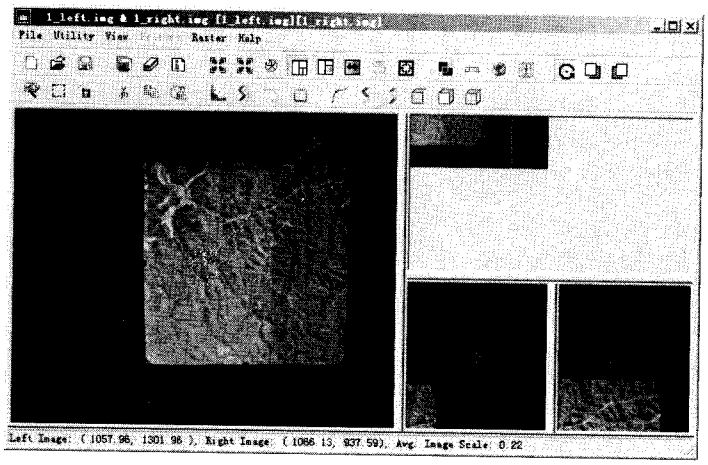


图 10.13　旋转航片

(6) 滚动鼠标滚轮，发现光标由红绿两个光标组成，这就是三维浮动光标。

后面将讲述如何获得光标的三维信息。

10.2 建立 DSM 表面

10.2.1 概述

本节介绍使用传感器信息生成数字表面模型（Digital Surface Model，DSM）的流程。立体分析功能可以从影像上准确地采集对象在真实世界中三维信息，使用传感器模型信息创建数字表面模型的过程无需借助手工调整影像。立体分析模块使用传感器信息自动旋转，升降，缩放两张重叠的影像生成清晰的数字表面模型以便于立体观测。并且立体分析能自动地将三维光标切于地形表面。这样就不必频繁地调整浮动光标的高度。

创建数字地表模型所需的必要信息有下列来源：第三方数字摄影测量系统的输出信息；不同的数据提供商的输出信息；IMAGINE OrthoMAX 和其他摄影测量软件包的输出信息。

为了在立体分析模块中创建数字地表模型，需要下列信息：

- 地图投影，椭球和数据信息。
- 获取影像时的平均飞行高度信息
- 旋转顺序信息：三个旋转角（ω，φ，κ）定义了每张影像在拍摄时的方向信息。这些角度是相对于 X，Y，X 坐标系统的。旋转顺序定义了哪个角度和 X、Y、Z 坐标轴对应。在北美，这些顺序通常是 Omega，Phi，Kappa。
- 摄影方向信息：摄影方向决定了影像是航空的还是地面摄影。如果是航空摄影，摄影方向就是 Z 轴。如果是地面摄影，摄影方向就是 Y 轴。
- 两张有重叠的影像：影像对应于地球表面或被建模对象的同一地理地区域。
- 相机定标信息：这是一些如焦距主点在 x，y 方向的偏移量等的信息。在相机的定标报告中一并都提供这些信息。
- 每张影像的六个内方位元素，这六个元素又叫仿射变换元素。它们代表着文件/或像素坐标系与胶卷/影像空间坐标系的关系，其值反映了两个坐标系间的缩放和旋转量。
- 每张影像的六个外方位元素，这六个元素定义了每张影像摄影时的坐标（X，Y，Z）和姿态角（ω，φ，κ）又叫仿射变换元素。详细的信息请参见内定向和外定向。

一旦输入了所有的必要信息，输出的结果就是块文件，块文件是包含了构成数字表面模型的两张或更多影像的文件。在大多数块文件里包含了两张以上的影像，因此，可以选择不同的影像组合在屏幕上显示；而且，块文件包含了诸如传感器或相机类型、投影水平和竖直的单位、角度单位、旋转系统、相片定向和内外定向元素等的信息。当这些信息提供给立体分析后，数字立体镜空间对视差调整的需求就减少了。立体分析利用精确的传感器模型信息自动调整视差来提供清晰的数字表面模型。立体分析提供了自动生成数字表面模型的功能。

本例的操作步骤如下：

- 选择和显示左右影像。
- 打开创建立体模型对话框。
- 输入投影信息。
- 输入传感器模型信息。
- 保存块文件。
- 浏览块文件

本例中使用的数据来自加利福尼亚路易斯安吉尔德。数据是连续的三波段数据，地面空间精度为 0.55m。摄影比例尺为 1∶24000。

10.2.2 环境设置

本章的操作是在彩色立体模式下创建的。如果想达到相同的效果，需要进行环境设置，选择 Utility 图标 | Stereo Analyst Options | Stereo Mode | Stereo Mode | Color Anaglyph Stereo 命令，设置立体模式为彩色立体模式。

首先，启动立体分析模块。屏幕上出现空的数字立体镜空间界面，即可开始操作。

10.2.3 加载立体分析数据

如果已经加载了立体分析数据集，请转到“打开左影像”环节。本实例中用到的数据位于“Chp10 \ Tutor2”。

10.2.4 打开左航片

与前一节相同，需要先打开两张创建数字表面模型的影像（图 10.14）。

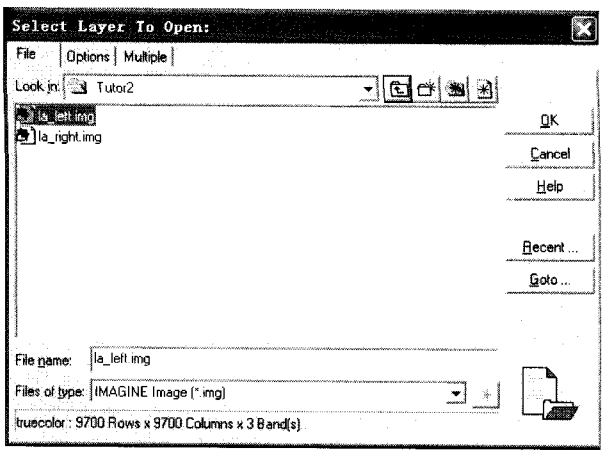


图 10.14 选择左航片

(1) 从空的数字立体镜空间工具条上单击打开图标，打开 Select Layer To Open 对话框。选择需要打开到数字立体镜空间的文件。

(2) 单击 Files of type 下拉列表，选择文件类型为 IMAGINE Image (* . img)。

也可以使用其他类型的影像来创建数字地表模型。立体分析可直接支持的格式有 TIF、JPEG、Generic Binary、Raw 和其他常见的影像格式。立体分析将这些格式的读写封装为动态链接库，其他影像格式不必转为立体分析所用内部格式。只要在类型下拉列表中简单地选择影像文件格式就能在立体分析中生成数字表面模型。

(3) 设置输入文件为… \ Chp10 \ Tutor2 \ la _ left. img。

(4) 在 Select Layer To Open 对话框中单击 OK 按钮 (图 10.15)。

当立体分析模块打开文件时，可以选择创建金字塔。创建金字塔层可以加快在主视图中显示影像的速度。

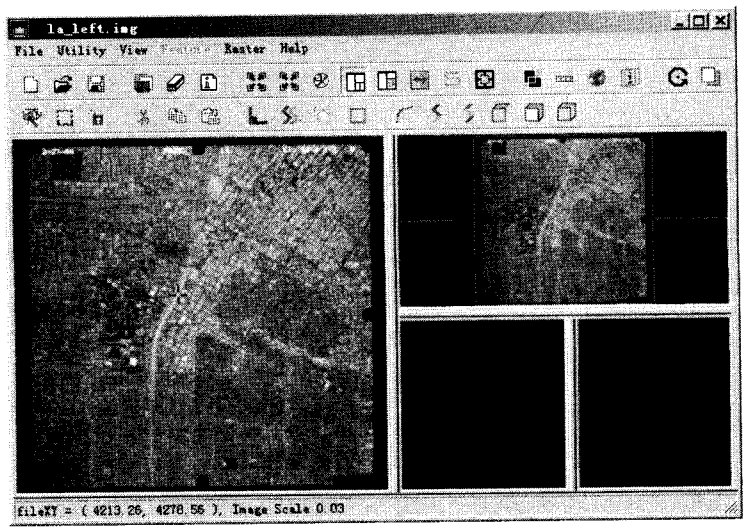


图 10.15　打开左航片的效果

10.2.5　添加第二张影像

现在，可以添加第二张影像，建立立体像对。

(1) 从数字立体镜空间的文件菜单中选择 Open | Add a Second Image for Stereo 命令。

(2) 在 Select Layer To Open 对话框，导航到存放航片的目录，选择影像 la _ right. img。

(3) 在 Select Layer To Open 对话框里单击 OK 按钮，影像就显示在数字立体镜空间 (图 10.16)。

现在创建定向数字地表模型所需的两张影像都显示在数字立体镜空间中，接着可以打开创建立体模型对话框。

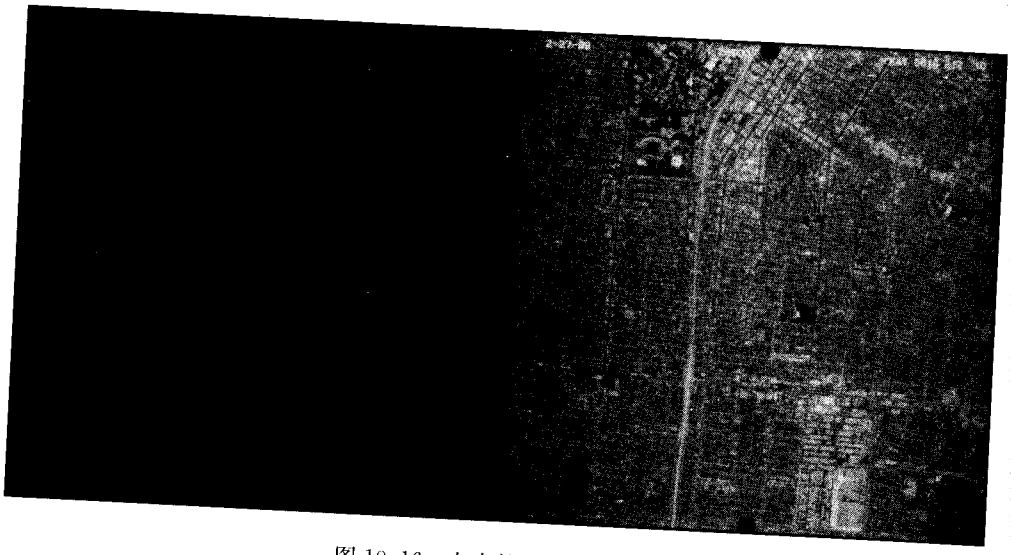


图 10.16　左右航片的显示效果

1）打开创建立体模型对话框

立体分析提供了创建立体模型对话框确保能从独立的有相关传感器模型信息的影像创建定向的数字表面模型，数字表面模型结果存放在块文件中。

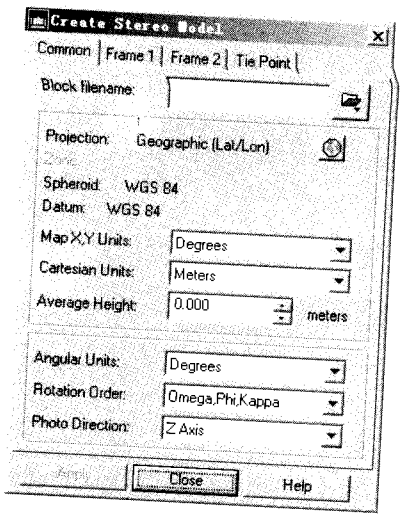


图 10.17　创建立体模型对话框

从数字立体镜空间的工具条上单击创建立体模型图标，也可以通过选择 Utility 图标 | Create Stereo Model Tool 命令来打开创建立体模型对话框，见图 10.17。

2）命名块文件

（1）在创建立体模型对话框里点击块文件图标。

注意：如果你是和 ERDAS IMAGINE 一起运行立体分析模块，缺省的输出目录由 ERDAS IMAGINE 的性能设置中的 User Interface & Session 分类中的 Default Output Directory 设置来确定。块文件打开操作如下：

（2）导航到拥有写权限的目录。

（3）点击文件名输入框，键入名字 la _ create，然后在键盘上按回车键，自动添加扩展名 . blk。

（4）在块文件对话框中点击 OK 按钮，接受块文件的名字（图 10.18）。

创建立体模型对话框的信息被更新，接着为块文件输入投影信息：

（1）在创建立体模型对话框中，点击投影图标，打开投影选择器对话框。

（2）在投影选择器对话框的定制 Custom 选项卡中，点击 Projection Type 下拉列表

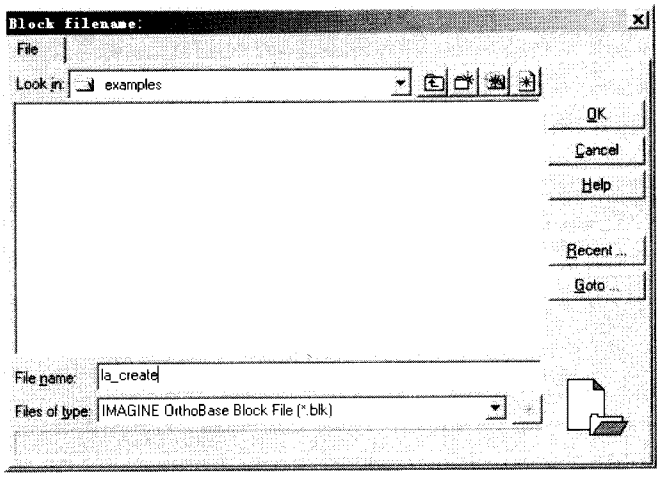


图 10.18　打开块文件对话框

选择 UTM。

（3）点击椭球名字 Spheroid Name 下拉列表选择 GRS 1980。

（4）点击 Datum Name 下拉列表选择 NAD83。

（5）在 UTM Zone 域中使用上下箭头或直接键入数值 11。

（6）确保 NORTH or SOUTH 窗口显示 North。当完成后，投影选择器对话框如图 10.19 所示，点击 OK 按钮，将信息传递给创建立体镜模型对话框。

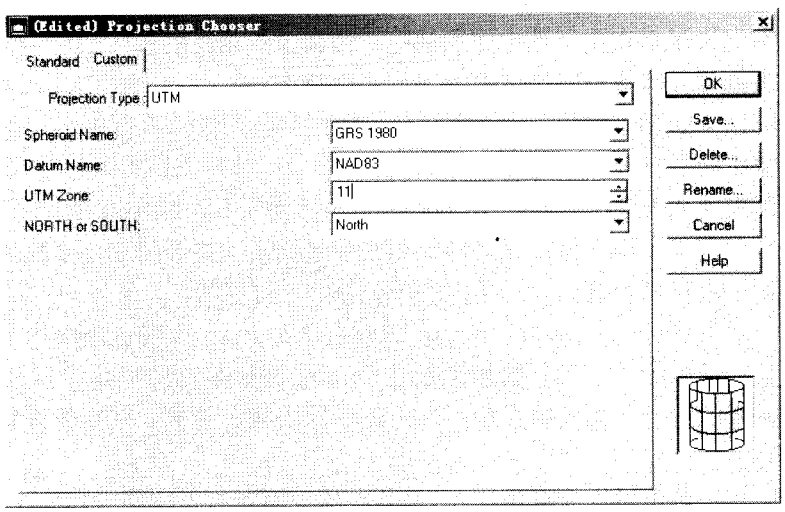


图 10.19　投影选择器对话框

（7）确保地图单位 Map X，Y Units 设置为米（Meters）。

（8）确保笛卡儿坐标单位 Cartesian Units 设置为米（Meters）。

（9）输入平均高程 Average Height 为 3925m，在键盘上按回车键。平均高程也被称为平均飞行高度，是指在拍摄组成数字表面模型的影像时飞行器离开地面的平均

高度。

（10）确保角度单位 Angular Units 设置为度 Degrees。角度单位是用来定义姿态角（ω，φ，κ）的单位。

（11）确保旋转顺序 Rotation Order 设置为 Omega，Phi，Kappa，传感器的角度或姿态要素（Omega，Phi 和 Kappa）描述了地面坐标系统（X，Y，Z）和影像坐标系统时间的关系。在定义这三个姿态角时采用了不同的约定。

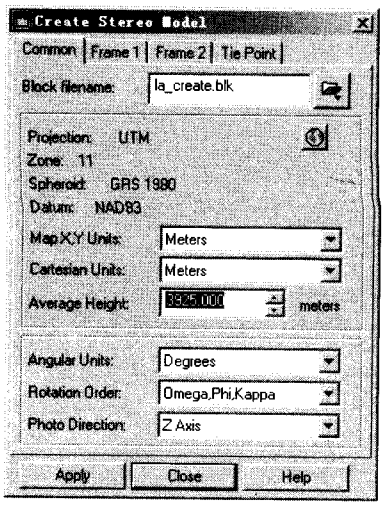


图 10.20　创建立体模型对话框

ISPRS 推荐使用 Omega，Phi，Kappa 约定顺序，这种情况下，Omega 绕 X 轴旋转，Phi 绕 Y 轴旋转，Kappa 绕 Z 轴旋转，该系统中 X 轴是主轴。

（12）确保摄影方向 Photo Direction 为 Z 轴方向。

当使用航空影片或影像时选择 Z 轴。航空摄影时将相机的主光轴直接对准地面坐标系统的 Z 坐标轴。如果使用的是地面摄影测量影像或陆地影像时，像片方向就要选择 Y 轴。

完成后创建立体模型对话框的 Common 选项卡，如图 10.20 所示。

在 Common 选项卡上输入公共信息后就在 Frame 1 选项卡能输入像片 1 的信息。

3）输入像片 1 的信息

下面必须定义采集在块文件中使用的第一张影像的相机的参数。

（1）点击创建立体模型对话框的 Frame 1 选项卡。

注意 Frame 1 选项卡的 Image Filename 部分已经填好了一个文件。这个字段将填充数字立体镜空间中打开的第一张影像的名字。

（2）确保内定向类型 Interior Affine Type 设置为 Image to Film。

内定向类型定义了用于显示描述影像和框标坐标系统关系的 6 个系数的约定。影像坐标系统用像素来定义，框标坐标系统的单位是毫米或微米。

该选项包括 Image to Film 和 Film to Image。Image to Film 选项描述了从像素到毫米、微米等长度单位的六个仿射变换系数。Film to Image 选项描述了从毫米、微米等长度单位到像素的六个仿射变换系数。用户选择的结果定义了 6 个系数值如何被输入创建立体模型对话框。

（3）确保相机单位设置为毫米。

相机单位关系到相机主焦距主点坐标等相机定标值的单位。

（4）在焦距字段，输入 154.047。相机的主（焦）距由定标报告提供。

（5）在主点 x 坐标 Principle Point xo 输入 0.002。表示主点在 x 方向的偏移量，一般由随影像一起的定标报告提供。

（6）在主点 y 坐标 Principle Point yo 输入 −0.004。表示主点在 y 方向的偏移量，一般由随影像一起的定标报告提供。

这些参数的其他信息请参见“数字制图方案”。

为影像 la _ left. img 添加内外方位元素信息。

在创建立体模型对话框 Frame 1 选项卡的底部，有两个额外的选项卡允许你提供影像采集的传感器模型信息。有两个选项卡，Interior 和 Exterior，可以用数据提供者提供的信息来填充。

内方位选项卡（图 10.21）允许输入 6 个内定向仿射变换系数（a_0，a_1，a_2，b_0，b_1，b_2），外方位选项卡（图 10.22）允许输入 6 个外定向仿射变换系数（X，Y，Z，Omega，Phi，Kappa）。注意不要在内定向单元中输入逗号。

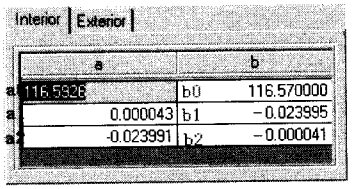


图 10.21　内方位选项卡

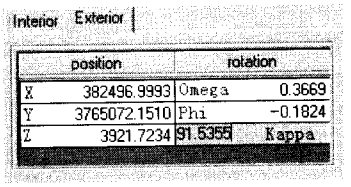


图 10.22　外方位选项卡

（1）在 Interior 选项卡输入 la _ left. img 的 6 个内定向系数值，见表 10.4。

表 10.4　影像 la _ left. img 的内定向参数

a		b	
a0	116.5926	b0：	116.570000
a1	0.000043	b1：	−0.023995
a2	−0.023991	b2：	−0.000041

（2）点击 Exterior 选项卡。

（3）在 Exterior 选项卡输入 la _ left. img 的 6 个外定向系数值，见表 10.5。

表 10.5　影像 la _ left. img 的外定向参数

position		rotation	
X	382496.9993	Omega	0.3669
Y	3765072.1510	Phi	−0.1824
Z	3921.7234	Kappa	91.5355

完成后创建立体模型对话框的 Frame 1 选项卡如图 10.23 所示。

4）输入像片 2 的信息

（1）点击创建立体模型对话框的 Frame 2 选项卡。

（2）在内方位元素 Interior 选项卡输入 la _ right. img 的 6 个内定向系数，见表 10.6。

表 10.6　影像 la _ right. img 的内定向参数

	a		b
a0：	116.2486	b0：	116.8011
a1：	0.000018	b1：	−0.023992
a2：	−0.023987	b2：	−0.000017

（3）单击外方位元素 Exterior 选项卡。

（4）在 Exterior 选项卡输入 la _ right. img 的六个外定向系数值，见表 10.7。

表 10.7　影像 la _ right. img 的外定向参数

	position		rotation
X：	382484.8340	Omega：	0.1419
Y：	3762868.9323	Phi：	0.4291
Z：	3928.6787	Kappa：	91.7508

完成后创建立体模型对话框的 Frame 2 选项卡如图 10.24 和图 10.25 所示。

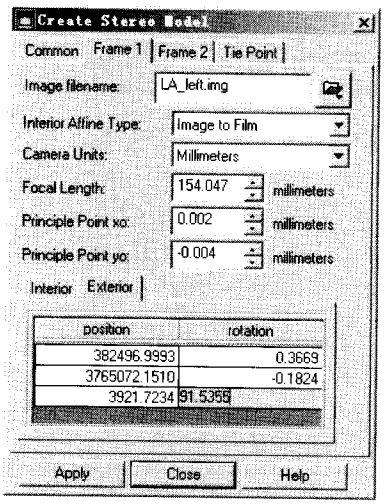


图 10.23　立体模型左航片信息

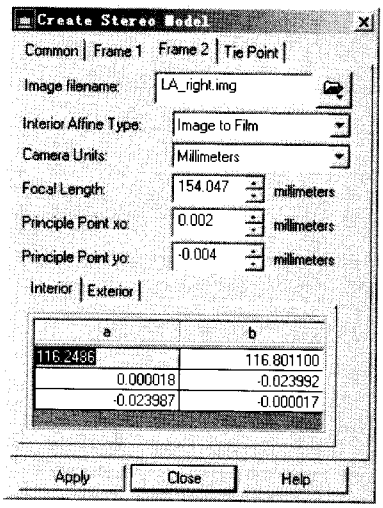


图 10.24　立体模型右航片信息

5）应用以上设置信息

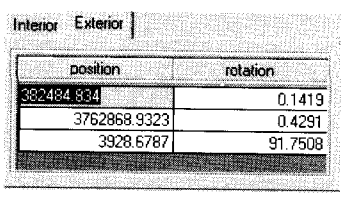


图 10.25　右航片外方位信息

（1）在创建立体模型对话框中，单击 Apply 按钮。一旦选择了应用按钮，所有的影像的传感器模型信息就保存到块文件中。

（2）点击 Close 按钮关闭立体模型对话框。

（3）在数字立体镜空间，点击 Clear Viewer 图标。

6）打开块文件

为了查看数字地表模型，需要打开包含有传感器模型信息的块文件。本实例的剩余部分需要有红绿眼镜或与一个发射器一起使用的立体眼镜。

（1）在数字立体镜空间的工具条上单击图标。

（2）在 Select Layer To Open 对话框中点击 Files of type 下拉列表选择 IMAGINE OrthoBASE Block File（*.blk）。

（3）选择 la _ create. blk 文件，点击 OK 按钮。创建好的块文件 la _ create. blk 就显示在数字立体镜空间，如图 10.26 所示。

（4）必要时调整 X 视差改善数字表面模型的显示。

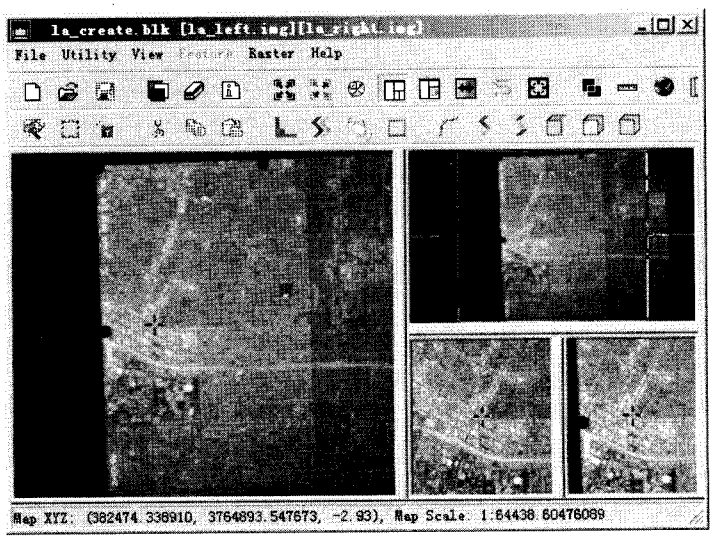


图 10.26　使用传感器模型信息创建立体像对

组成数字表面模型的两张影像已经组合好，使用传感器模型信息已经考虑了左右影像方向与位置的差异。这样影像就不必为了 Y 视差而旋转、缩放、升降和校正了。立体分析模块自动完成了这些工作。

在三维下观测数字表面模型之前，必须调整影像来减小模型中的 X 视差，获取清晰的数字表面模型时要想改进配准减少调整 X 视差等操作的办法是在创建块文件时输入一个联系点坐标。联系点的左右影像坐标可以在创建立体模型对话框的 Tie Point 选项卡中输入，联系点的左右影像坐标必须能反映在地球上的同一要素。其值必须是像素值。莱卡的 Geosystems 正在研究不同的方法减小对输入联系点的需求。

（5）点击 Clear Viewer 图标。

（6）选择 File | Exit Workspace 关闭立体分析。

10.3 三维信息测量

本节主要介绍 ERDAS IMAGE 的立体分析模块中三维信息量测方法。使用三维测量工具，可以获取下列信息：

- 点的三维坐标
- 线的长度
- 线的坡度
- 线的方位
- 线的两端点间的高差
- 多边形的面积
- 三点间的角度
- 一个多边形内的平均高程
- 一个多线内的平均高程

三维测量工具能用来有效解译航空摄影和定量分析地理信息。例如，可以在三维空间里描绘和测量森林的面积边界。下面以一个实例为例进行相关功能的介绍，内容包括：

(1) 打开块文件；

(2) 从立体像对选择器选择一个数字表面模型；

(3) 打开三维测量工具；

(4) 测量三维点、线、面；

(5) 评价测量结果；

(6) 保存三维测量结果为 ASCII 文件。

本例用到的数据来自加拿大西安大略大学。四张航片拍摄时的航测比例尺为1∶6000。影像扫描的精度为 25μm，对应的地面空间分辨率为 0.15m。

10.3.1 环境设置

本实例是在彩色立体模式下创建的。如果想让做出来的效果和向导中的一致，通过选择 Utility 图标 | Stereo Analyst Options | Stereo Mode | Stereo Mode | Color Anaglyph Stereo 命令，将立体模式设置为彩色立体模式。

首先，启动立体分析模块。启动立体分析模块后，就会打开一个数字立体镜空间，此时就可以开始分析操作了。本节所用数据位于“…\Chp10\Tutor3”。

10.3.2 打开块文件

练习需要红绿眼镜或与一个发射器连接的立体眼镜。

(1) 打开块文件：从空的数字立体镜空间的工具条上单击打开图标，打开 Select Layer To Open 对话框，这里选择想要在数字立体镜空间中打开的文件类型。

(2) 导航到… \ Chp10 \ Tutor3 目录，选择文件 western _ accuracy. blk，打开块文件（图 10.27）。块文件包含了自动实时创建和显示一个数字表面模型所有必须的信息。本例中所用的文件由 LPS 项目管理器创建，输入和使用相机定标和控制点信息来计算所有的必要传感器模型信息

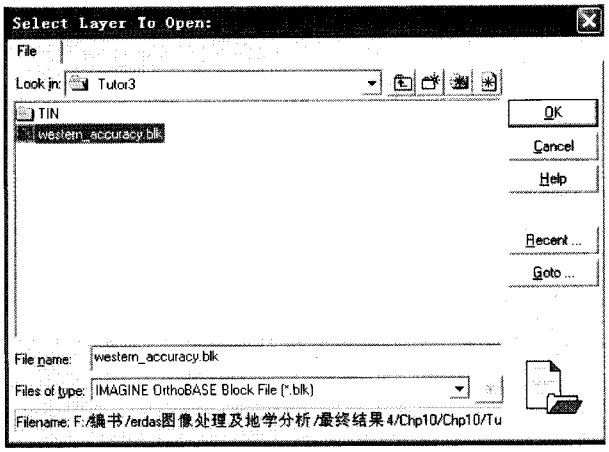


图 10.27　打开立体像对文件

注意：如果从来没有为块文件中的影像生成金字塔层，系统将提示生成金字塔。当块文件 western _ accuracy. blk 打开后文件相关联的第一个数字表面模型就显示在数字立体镜空间里（图 10.28）。

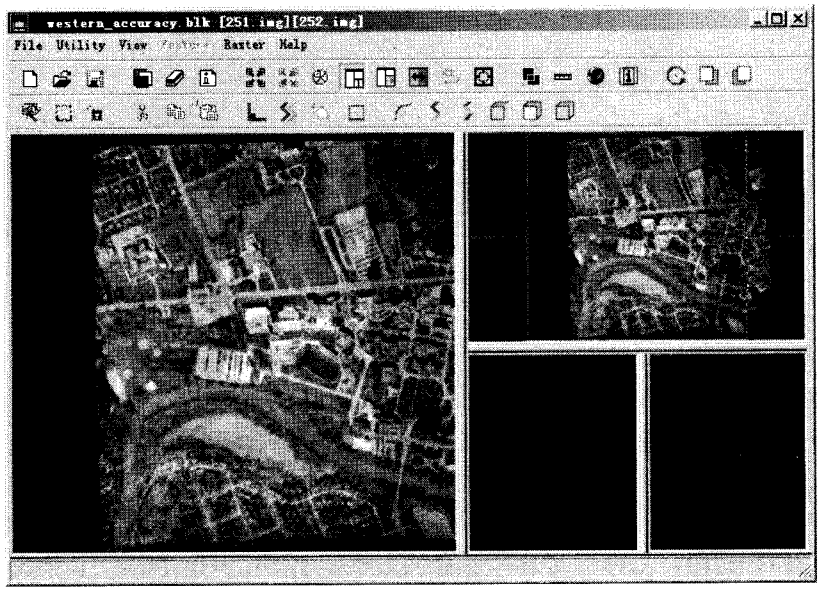


图 10.28　立体像对

如果只想显示一个数字表面模型中的重叠部分，可以通过以下设置实现：

选择 Utility 菜单 | Stereo Analyst Options 命令，然后单击 Stereo View Options 选项卡，选中 Mask Out Non-Stereo Regions 选项。

10.3.3 打开立体像对选择器

可以从 western _ accuracy. blk 文件中选择不同的数字表面模型。打开 Stereo Pair Chooser 对话框，选择满足重叠地区要求的数字表面模型。

（1）在数字立体镜空间中，单击立体像对选择器 Stereo Pair Chooser 图标，打开立体像对选择器。

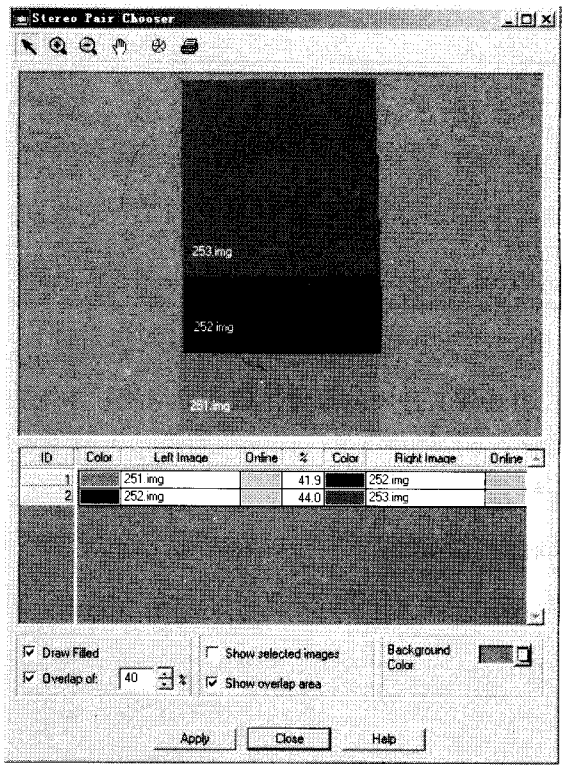


图 10.29　立体像对选择器

立体像对选择器与 CellArray 一起装配。用 CellArray 能从块文件中选择不同的影像对。这些影像对可以在立体视图中显示。立体像对选择器中显示的重叠区域的影像脚印也能用于交互地选择感兴趣的数字表面模型。一旦数字表面模型用图形的方式选择好，相应的影像就高亮显示。

（2）在列中选择 ID 为 2 的行。这是包含有影像 252. img 和 253. img 的数字表面模型（图 10. 29）。此时，立体像对选择器看上去就如图 10. 30 所示。

注意到立体像对选择器中高亮显示的行代表着数字表面模型，能看到将要显示在数字立体镜空间的重叠区域。在本例中，重叠度大约为 44%。

（3）在立体像对选择器对话框中单击应用（Apply）按钮。可能会再次提醒为影像 253. img 计算金字塔层，点击 OK 按钮。此时，数字立体镜空间中显示的数字表面模型发生更新。

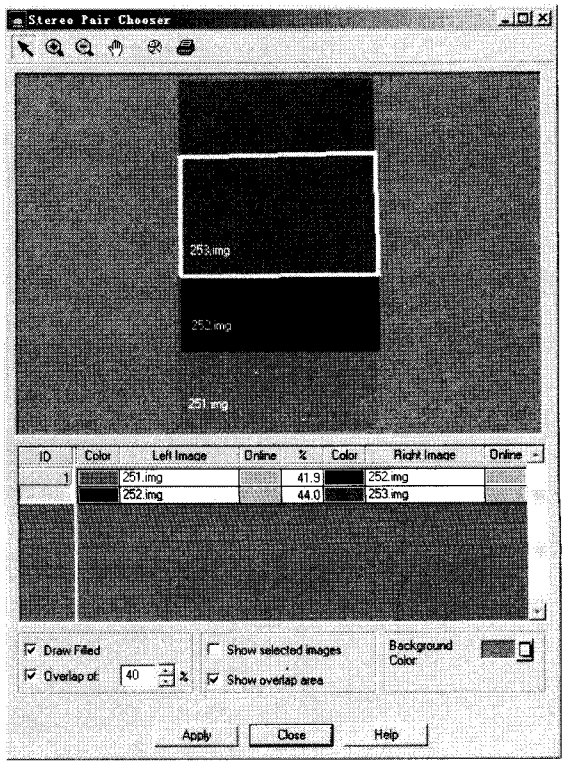


图 10.30　立体像对选择结果

(4) 点击 Close 按钮，关闭立体像对选择器对话框。

10.3.4　进行三维测量

数字表面模型建好之后，可以使用立体分析工具来量测数字表面模型上的建筑物、道路及其他要素。

1) 打开三维测量工具和定位工具

(1) 当数字立体镜空间中显示了立体像对 252.img 和 253.img 后，点击工具栏上的图标，三维测量工具即出现在数字立体镜空间的底部（图 10.31）。

接下来，使用定位工具定位到立体像对的某个位置然后使用三维测量工具进行测量。

(2) 单击定位工具图标，定位工具和三维测量工具一起占据了数字立体镜空间的底部（图 10.32）。可以使用位于每个工具右上角的图标来水平排放这些工具。

地形跟踪光标是立体分析模块可选用的一个工具。当工具打开时就不需要用鼠标手动调整光标的高度来切于感兴趣的要素。在这种模式下，三位浮动光标标示立体相对中要素的位置，自动调整三维浮动光标的高度保证光标永远切于感兴趣点的顶部。可以通

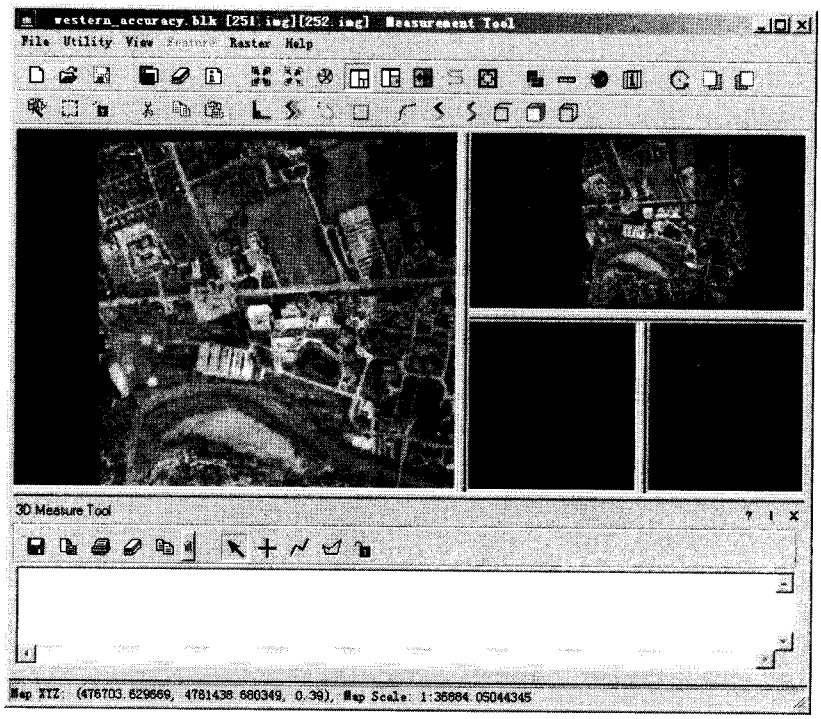


图 10.31　打开三维测量工具

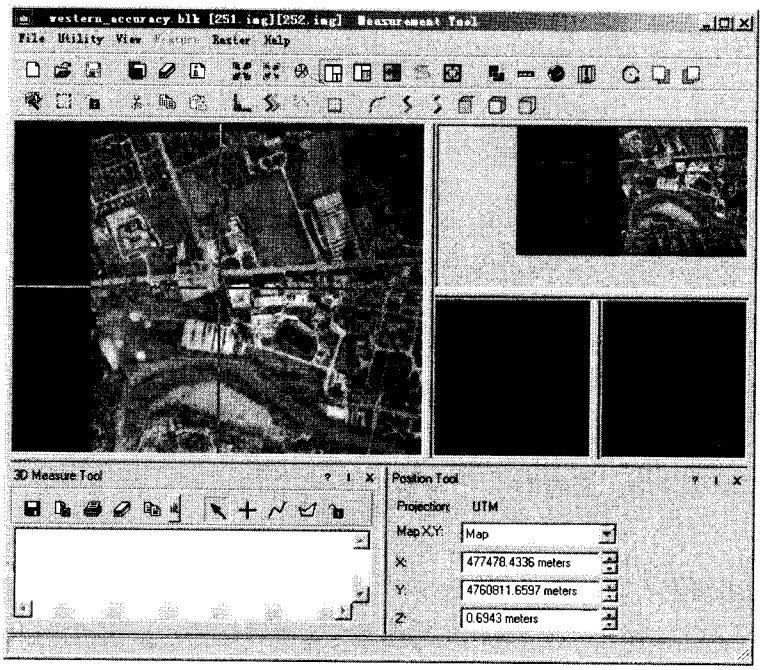


图 10.32　打开定位工具

过工具菜单或右键菜单来打开该功能。

2）采集直线要素

输入三维坐标，定位到人行道起点。在定位工具的 X、Y、Z 区域分别键入 477759.50、4761557.36、251.99。此时，系统自动引导到输入的点。

（1）数字化线（图 10.33）。

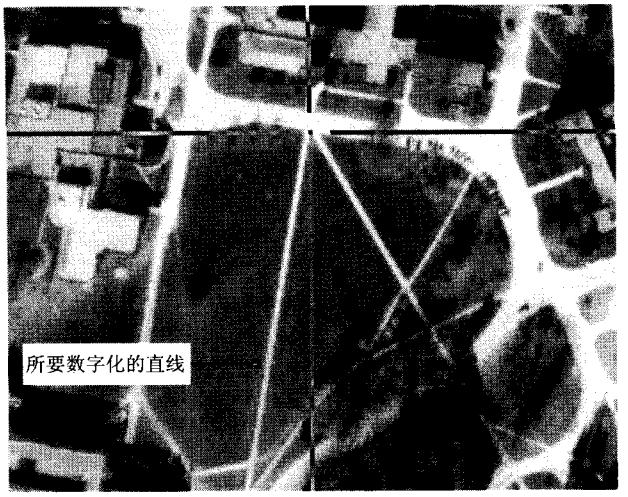


图 10.33　数字化的对象

① 将光标定位到十字丝的中心，按下鼠标的滚轮拖动鼠标远离操作者就能缩放到那个区域。

注意：放大后，在定位工具中输入的点可能就不在十字丝下。需要重新输入坐标来看到确切的位置。

这个特殊的人行道有很多坡度。开始测量之前，缩小视图看到整个人行道。

② 单击并按住鼠标滚轮，缩小影像直到在主视图中能看到整个人行道为止。

在图 10.34 中，沿箭头所指方向数字化，X 视差增大。

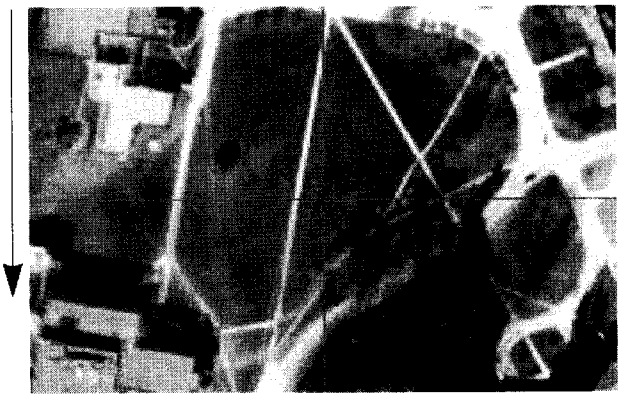


图 10.34　X 视差增大的方向

注意：当沿人行道向南走时 X 视差增加。X 视差是高程的函数，一旦开始数字化，就必须在测量过程中调整三维浮动光标，使其切于地形上。现在已经检查了将要数字化的人行道，可以进行测量。

下面的一系列步骤就是使用多边形工具进行测量。

③ 在三维测量工具里选择折线测量工具。

折线工具允许对线段连续地三维采集。每个线段相关联的开始和结束顶点都有三维坐标。同时还能记录线段的坡度、方位、高差等信息。

④ 移动鼠标到主视图，单击并按住滚轮，放大人行道的北端。

注意，当你放大人行道的起点时，左右光标分开。这意味着光标没有切准地面，如果察看左右视图中显示的数字表面模型的左右影像，影像中光标也没有对准同一个地理位置（图 10.35）。

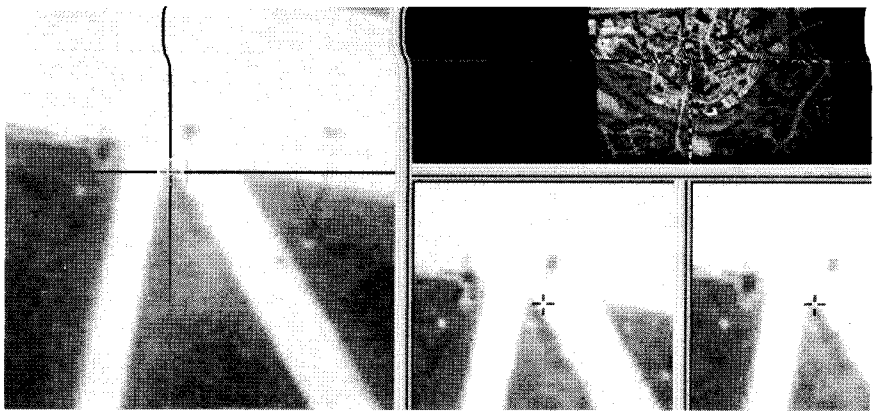


图 10.35　光标未切准的示例

对感兴趣区采集三维信息时最好的放大倍数是 1.5。可以在定位工具放大倍数中输入 1.5。

⑤ 调整三维浮动光标的高度使其切于地表。注意：这并不影响选择 Polyline 工具。

如果鼠标没有滚轮，按住键盘上的 C 键同时按下鼠标左键，移动鼠标往前或往后调整高程。

⑥ 按鼠标左键数字化线的第一个顶点。

⑦ 沿人行道垂直移动继续沿人行道点击边界定点。

注意：确保三维浮动光标切于每个测量点。当接近主视图的显示边界时，影像会自动漫游以便继续数字化。可见区域的外部称为自动漫游缓冲区。当光标处于自动漫游缓冲区时立体分析模块能自动识别，并相应地据此调整视图中立体像对的显示。当距离很小时，X 视差未必是最好的，为了进行准确的测量，需要精确地调整 X 视差和光标高程。

⑧ 必要时调整 X 视差和光标高程，继续数字化人行道。

当调整 X 视差时数字化线好像消失，当你继续采集定点时会再次出现。

⑨ 双击结束人行道的数字化。

（2）评价测量结果。

一旦数字化完成，测量的结果就显示在三维测量工具 3D Measure Tool 中，如图 10.36所示。

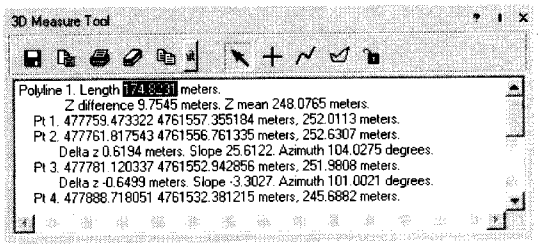


图 10.36　测量结果信息

① 使用滚动条浏览显示在三维测量工具文本框中的第一根线的信息。

第一行为 Polyline 1. Length 174.8231 meters，指数字化的整个人行道的长度是大约 174.8231m 长。

② 主要第二行为 Z difference 9.7545 meters. Z mean 248.0765 meters，指首末两点的高程变化（Z difference）大约是 9.7m，线的平均高程（Z mean）大约是 248m。

注意：线的首点如 Pt1 的三位坐标显示出来了。

③ 本例中 Pt2 的数据的统计信息：Pt 2. 477761.817543 4761556.761335 meters，252.6307 meters. Delta z 0.6194 meters. Slope 25.6122. Azimuth 104.0275 degrees。这些信息给出了线上的第二点 X、Y 和 Z 等以米为单位的坐标。Δz 值是 P_1 点和 P_2 点的高程差。坡度由两点的高程差除以两点间的距离计算。坡向是线段的方向与北方向的夹角，见图 10.37，这种情况下坡向大约为 90°。

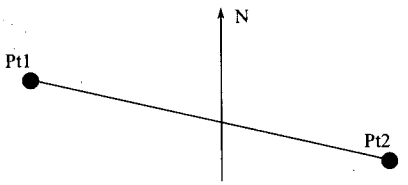


图 10.37　坡向示意图

④ 向下滚动的滚动条到点测量数据的末端，可看到角度测量值，见图 10.38。

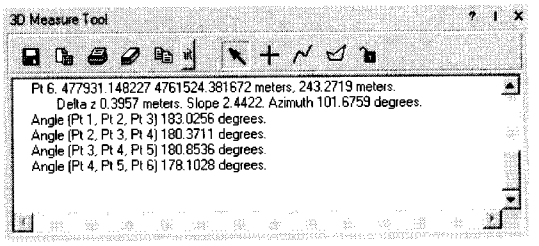


图 10.38　角度信息

⑤ 使用滚动条察看第一个角度值 Angle（Pt1，Pt2，Pt3）183.0256°。

角度测量：角度测量一般以逆时针方向为准。为了理解角度的概念，参考图 10.39。

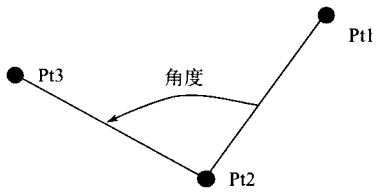


图 10.39　角度的概念

三维测量工具中显示的测量值如下：

Angle（Pt1，Pt2，Pt3）为 183.0256°。这里的（Pt1，Pt2，Pt3）是一个列表。本行的意思是：在点 Pt2（列表的中心点），从点 Pt1 到点 Pt3 的角度是 183.0256°。角度以十进制的度表示，如图 10.40 所示。

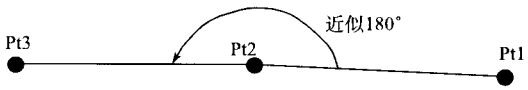


图 10.40　角度单位

（3）查看数字化线。

缩小视图就能看到数字化线。由于数字化的人行道高程的变化和 X 视差的存在，可以看到屏幕上显示的是双线。

① 点击并按住鼠标滚轮向操作者移动鼠标。

② 缩小到在主视图中能看到刚才数字化的整个人行道为止。

③ 使用鼠标的左键，调整影像直到主视图中显示完整的人行道。

3）采集折线要素

（1）输入三维坐标，定位到采集折线的起点位置。

点击 1∶1 放大图标，在定位工具里，点击 X 域键入 477696.18，在 Y 域键入 4761404.26，在 Z 域键入 248.38。

（2）数字化折线。

立体分析依据输入的坐标到达指定位置。道路见图 10.41，与之前数字化人行道一样，可以看到，当向北移动时有较大的坡度。

① 点击三维测量工具中的折线工具

② 定位三维浮动光标于道路的拐弯处（图 10.41 的圆的中心）。

③ 当需要时，调节三维浮动光标的高程和视差使光标切于道路。

④ 沿着道路向南数字化。

注意：数字化时，需要不断调节 X 视差和光标的高程。

⑤ 数字化到道路的下一个拐弯处（图 10.42 圆圈所示）。

注意：此点的坐标大约为 477829.04，4761339.82 和 241.37。

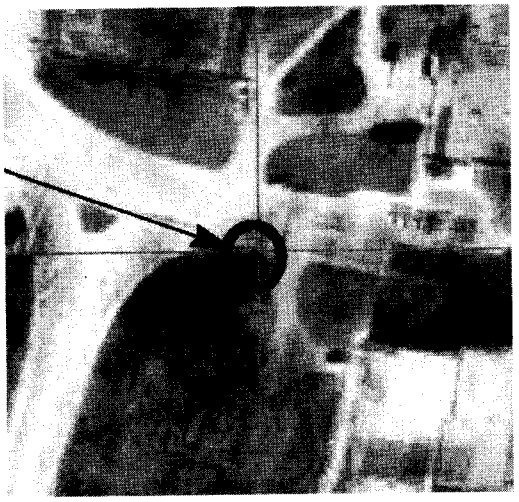


图 10.41　折线起点位置

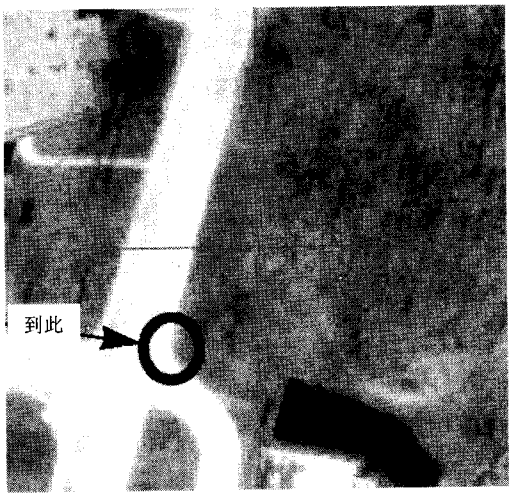


图 10.42　折线结束位置

⑥ 数字化完道路，双击结束折线。

（3）评价结果。

完成测量后，测量结果即显示在三维测量工具中。不同操作者实施完测量后，测量结果有可能不同，这里给出我们测量的结果。

① 量测报告中的第一行显示组成折线的总长，如 Polyline 2. Length 162.5347 meters。

② 量测报告的第二行显示起点与终点的高差，以及线段的平均高程 Z difference 7.2846 meters，Z mean 246.6845 meters。

③ 其他部分为各点的坐标、高程、后一点与前一点的坡度以及各点之间的角度。

可以在主视图中缩小并察看刚数字化的线。由于沿着街道高程的变化和 X 视差变化能看到双线。

4）数字化多边形

（1）输入三维坐标，定位到数字化位置（如冰池，图 10.43）。

*点击 1∶1 放大图标，在定位工具里，*点击 X 域键入 477677.91，在 Y 域键入 4761070.12，在 Z 域键入 242.98。

（2）数字化多边形。

① 调整 X 视差得到一张清晰的三维立体视图。

② 点击三维测量工具中的多边形工具。

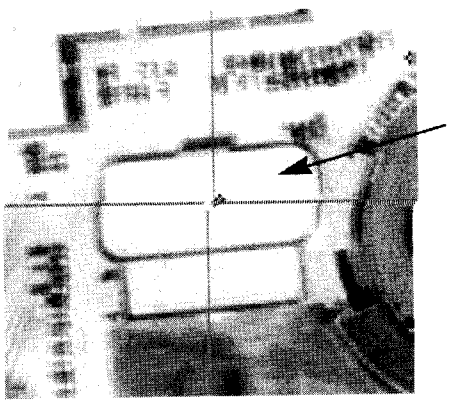


图 10.43　冰池位置

③ 定位三维浮动光标于冰池的角点。调整三维浮动光标使其切于冰池边缘的顶部。注意：采集影像该部分的最佳缩放比例是 1∶3。可以在定位工具中直接输入。

④ 点击鼠标采集第一个定点。

⑤ 沿着冰池的边缘继续数字化，需要时调整三维浮动光标。

⑥ 完成后双击鼠标左键封闭多边形。

(3) 评价结果。

在三维测量工具的文本框中报告了测量的结果见图 10.44。

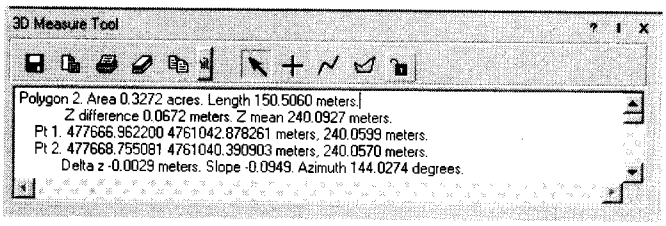


图 10.44　测量结果

注意，采集的结果可能和这里不太一样。

① 使用滚动条浏览刚数字化的多边形数据的第一行。报告显示冰池的面积大约为 0.3acre[①] (13068ft²[②]) 冰池周长大约为 150m。

② 报告的第二行显示冰池的最高点与最低点的高差为 0.0672m，平均高度为 240.0927m。

③ 报告的后面依次显示了在冰池上数字化的每个点。

5) 采集多边形要素

使用多边形工具测量一块地。

(1) 输入三维坐标。

点击缩放全图图标，浏览全部视图。在定位工具里，点击 X 域键入 477018.51，在 Y 域键入 4761296.26，在 Z 域键入 253.36。立体分析依据输入的坐标到达指定位置，见图 10.45。

(2) 数字化多边形。

① 将光标定位于十字丝的中心，使用滚轮放大到主视图中显示这块地。

② 如果需要调整 X 视差和光标高程得到一张清晰的三维立体视图。

③ 点击三维测量工具中的多边形工具

④ 定位三维浮动光标于地块的角点。单击数字化第一个顶点

⑤ 继续沿着地块的周长数字化，必要时调整 X 视差和光标高程。

⑥ 一旦完成地块的数字化，双击鼠标封闭多边形。

⑦ 按住鼠标滚轮向你移动鼠标缩小以便察看整个多边形。数字化的地块类似于图 10.46。

① $1\text{acre}=4.046\ 856\ 1\times10^{3}\text{m}^2$

② $1\text{ft}^2=9.290\ 304\times10^{-2}\text{m}^2$

同样完成数字化后，可在三维测量工具文本框中查看测量报告。



图 10.45　块地位置

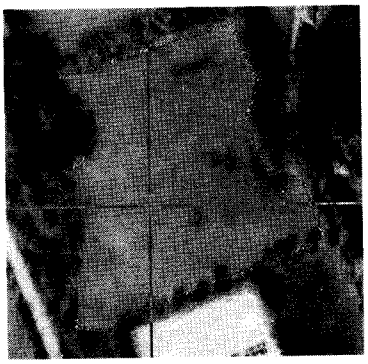


图 10.46　数字化的结果

6）采集三维点要素

测量三维信息的另外一个工具是点工具。使用它可以测量数字表面模型上独立点。在某些地理地区，如平原，灌溉网络，城市密集地区，林地，道路和高速公路以及桥梁等，当自动测量实效时，使用三维测量工具测量三维点坐标很有用。此方法在地块测量中通常无法进入的地区采集三维信息时也很有用。也就是说，使用立体分析就能在室内采集高精度的三维点坐标。

这里介绍沿建筑物的屋脊线采集一些点察看高程的变化。

（1）输入三维坐标。

点击 1∶1 放大图标，在定位工具里，点击 X 域键入 477745.03；在 Y 域键入 4761435.21；在 Z 域键入 268.25。立体分析依据输入的坐标到达指定位置，见图 10.47。

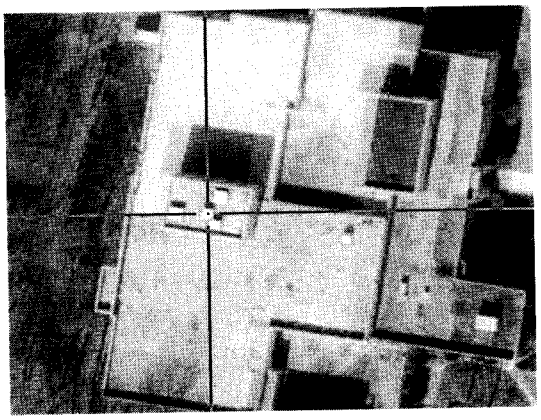


图 10.47　点要素的位置

（2）数字化三维位置。

这个建筑的屋顶有几个部分和高程。你可以先数字化屋脊的最高处：房屋的加热和

空调设备。

① 如果需要调整 X 视差和光标高程。

② 点击三维测量工具中的点工具+。

③ 点击开锁图标让它变成锁图标，现在就能采集连续三维点了。

④ 定位三维浮动光标于装有家用设备的房屋顶部的角点。

⑤ 如果需要调整 X 视差和光标高程。

⑥ 单击数字化第一个角点

⑦ 继续数字化房屋顶部的角点。必要时调整 X 视差和光标高程，确保光标切于需要的要素上。

⑧ 移到其他的屋顶，调整 X 视差和光标高程。

⑨ 点击数字化屋顶的角点。

⑩ 继续移动到房屋的其他部分，数字化角点，直到数字化完屋顶的所有角点。

(3) 评价结果。

数字化完屋脊角点后，三维测量工具的文本框就会报告测量的信息见图 10.48。

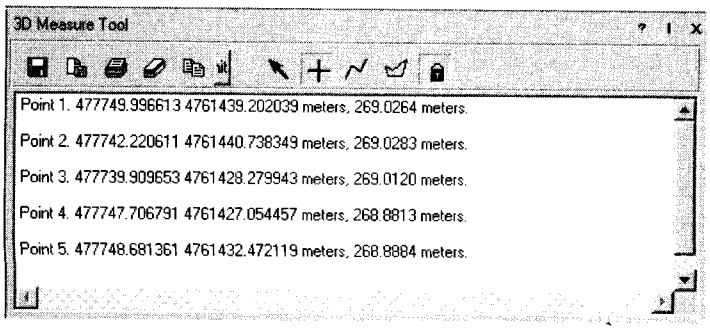


图 10.48 测量结果信息

每次测量结果可能存在差异，这里给出的数据仅作参考。报告中显示了点的三维信息。测量时使用地形跟踪光标能提高测量 Z 高程值的精度。

10.3.5 保存测量结果

可以将测量值保存为一个文本文件，称为 *.mes 文件，便于在其他应用和产品中使用。使用 mes 文件可以将数据信息导入到其他应用程序中。例如，一条河岸的三维点数据采集后，这些信息能用来生成这一地区的数字高程模型。连续收集一段时期的数字高程模型可以做统计比较确定侵蚀沉积的速度以及容量的变化等信息。如果能得到不同时期的摄影资料，河流就能在三维中浏览和采集数据。

(1) 在三维测量工具中单击保存图标，打开 Enter text file to save 对话框，如图 10.49所示。

(2) 设置输出文件为 western _ meas，单击 OK 按钮。

(3) 点击 Clear View 图标，清空数字立体镜空间。

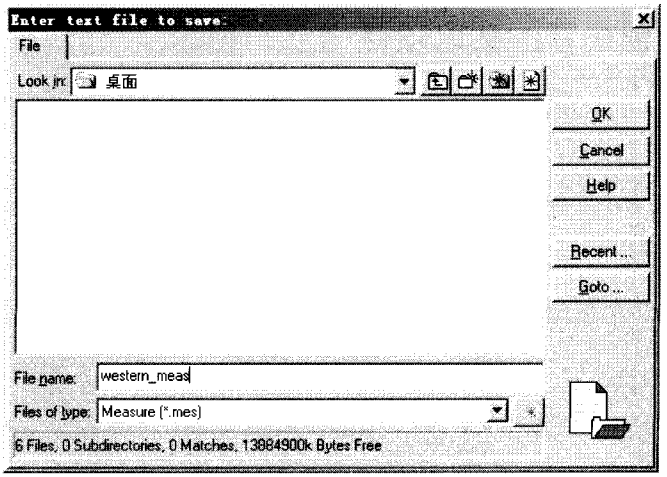


图 10.49　保存测量结果

10.4　实例与练习：三维环境下的立体测量

本实例介绍应用 ERDAS 立体分析模块，使用航片采集建筑要素的方法步骤。

10.4.1　问题描述

在前面的章节中已经学习了立体分析的基本内容。了解在数字立体镜空间中如何打开数字表面模型、操作模型进行立体观测；还学习了如何调整视差和光标的高程；并能使用外部数据源的信息创建自己的块文件；使用检查点检查块文件以保证它们的精度。最后学会了如何在数字表面模型采集三维信息。

本例中你将要使用这些技术从数字表面模型上采集要素。涉及的步骤有：

(1) 创建新的要素项目。

(2) 使用采集工具采集建筑物要素。

本例所用数据同 10.3 节当采集和编辑要素时借助于立体分析在线帮助能获得要素采集和要素编辑方面的信息。

10.4.2　环境设置

彩色立体模式设置。选择 Utility | Stereo Analyst Options | Stereo Mode | Stereo Mode | Color Anaglyph Stereo 将立体模式设置为彩色立体模式。启动立体分析模块，打开了数字立体镜空间。本节所用数据位于“… \ Chp10 \ Ex1”。

10.4.3 创建新的要素项目

从数字表面模型上采集要素信息的第一步就是设置数字立体镜空间。

从空的数字立体镜空间的文件菜单中选择 New | Stereo Analyst Feature Project 命令。打开 Feature Project 对话框（图 10.50）。选择要素工程的属性包括名称、类别、相关联的数字表面模型。

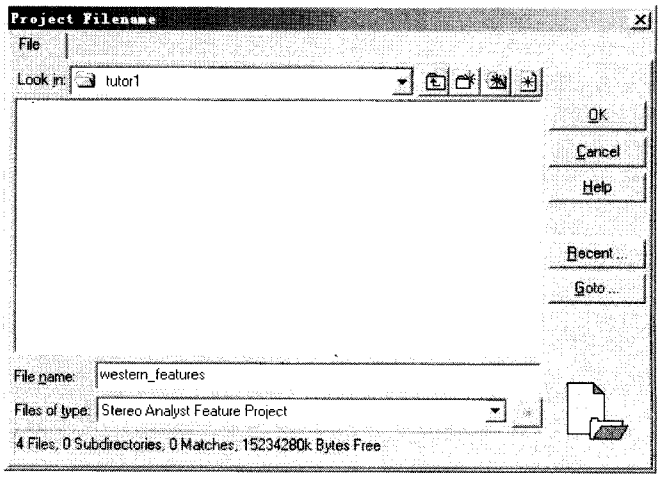


图 10.50　工程文件

1）在一般选项卡中输入信息

创建要素项目首先要在一般 Overview 选项卡中输入信息。

（1）导航到你拥有写权限的目录，默认情况，要素项目对话框打开的目录是你在 User Interface & Session 参数中设置的 Output Directory。

（2）单击一般（Overview）选项卡的项目名称 Project Name 框，键入工程名称 western _ features 名字。

（3）单击描述框，键入当前时间。

2）在要素类 Features Classes 选项卡中输入信息

在要素类选项卡中，可以选择在数字表面模型上希望采集到要素类中的特定的要素。随后的一系列步骤，要素选项卡划分要素类型（如水、建筑物、街道），使你能选择你想要的特定要素类型。如果在要素项目中编辑要素类属性，接着保存项目，将会提示是否保存显示特征和属性变化到全局要素类。若选择是，全局要素类就被改变，如果选择否，显示特点和属性变化仅仅保存到当前项目的要素类中。

（1）在要素项目对话框中单击要素类选项。

各种可用的要素显示在要素类选项卡中。先选要素类然后选择要数字化的要素，选好后在已选要素类中（Selected Classes）显示。也可以按 Create Custom classes 进行定

制，见图 10.51。

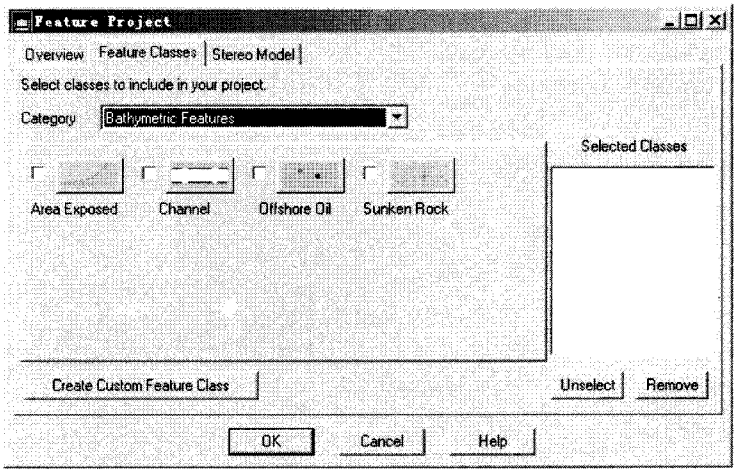


图 10.51　要素项目对话框

（2）选择建筑物和相关要素类。

① 单击类型（Category）下拉列表并选择建筑物和相关要素类（Buildings and Related Features）。

② 用要素右边的滚动条察看该类型中所有类。

③ 回滚并单击 Building 1 的选择框。这个要素就添加到已选择的类 Selected Classes 列表中，见图 10.52。

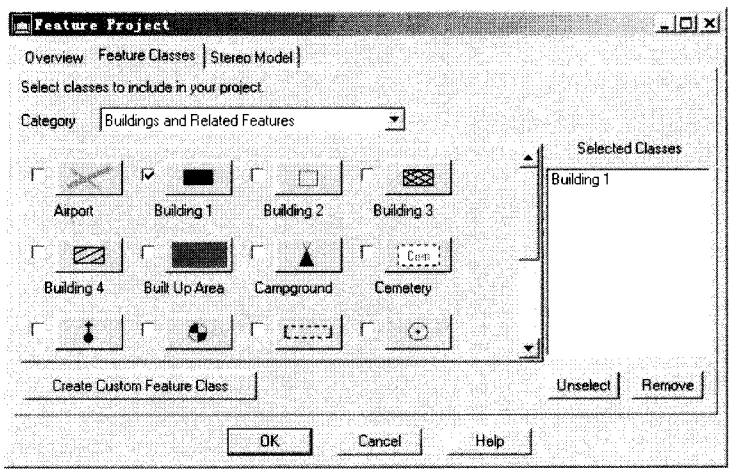


图 10.52　设置要素类信息

3）输入立体模型信息

现在已经命名了项目名称并选择了要素类，可以使用立体模型选项卡选择一个要采集数据的块文件和数字表面模型。

（1）从要素项目对话框中单击立体模型选项 Stereo model 卡，如图 10.53 所示。

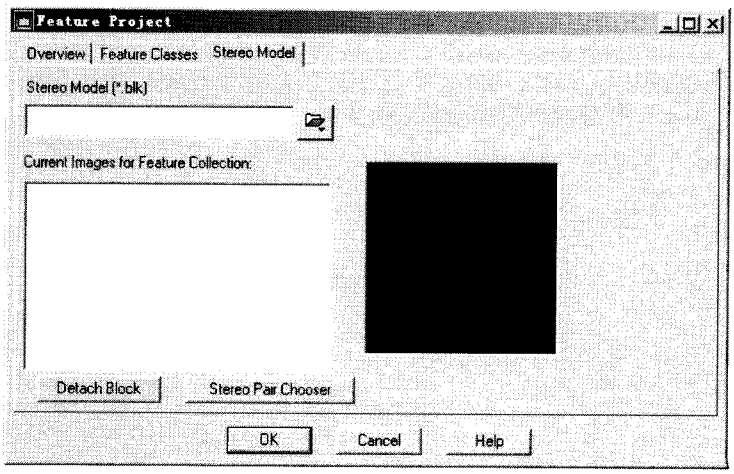


图 10.53　立体模型信息

（2）在立体模型选项卡中单击打开图标，打开立体模型对话框，见图 10.54。

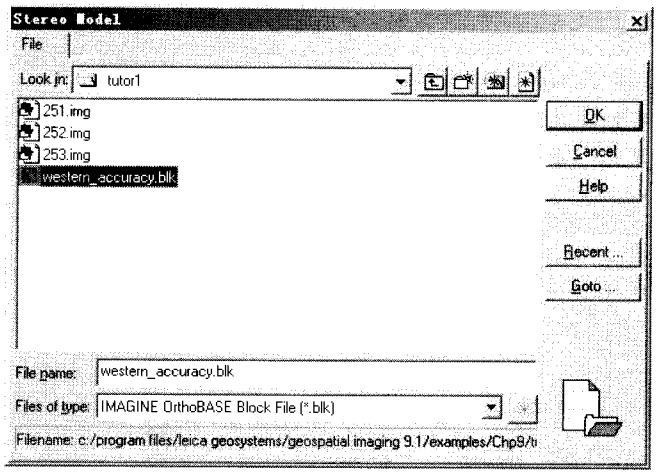


图 10.54　打开立体模型

（3）导航到…\Chp10\tutor1 目录选择文件 western _ accuracy. blk，单击 OK 按钮。

（4）在立体模型选项卡中的 Current Images for Feature Collection 区域，单击选择“252. img & 253. img”，如图 10.55 所示。

立体模型选项卡中显示模型信息。现在可以从中选择采集要素的数字表面模型。

注意：如果你没有为块文件中的所有的影像创建金字塔层，系统将提示你创建。单击 OK 按钮，为影像 253. img 计算金字塔。

（5）在要素项目对话框中单击 OK 按钮，将所有的信息传递给数字立体镜空间。

数字立体镜空间调整数字表面模型。你会看到选择的要素类整齐地排列在数字立体

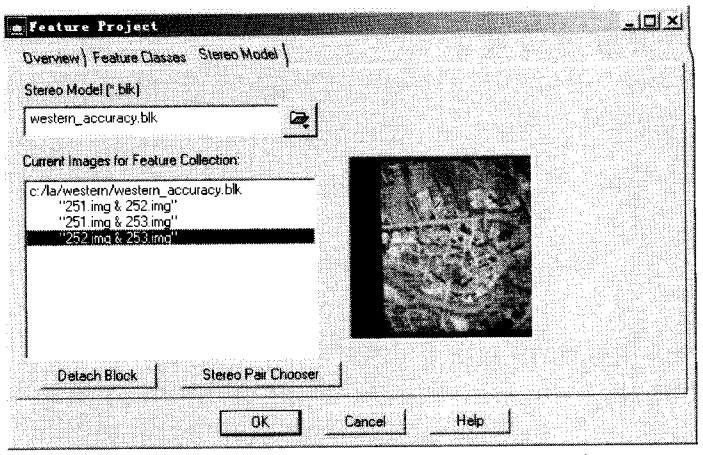


图 10.55　选择要素采集区域

镜空间左边的要素类面板中。此面板和主视图，浏览视图，左右视图一起都能被使用。

（6）可根据个人爱好调整要素类面板的大小（图 10.56）。

向导的剩余部分需要配备红绿眼睛或配有发射器的立体眼镜才能完成。

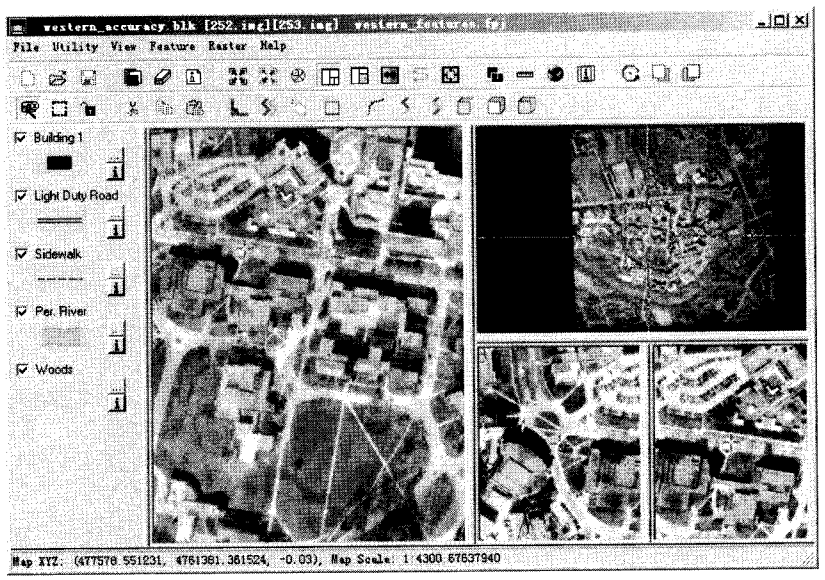


图 10.56　要素类面板

一旦选择了将要在数字表面模型内数字化的要素类，它们就会出现在主视图的左边。数字立体镜空间的该部分区域就是要素类面板。注意到每个要素类的右边有个 图标，用来获取要素的属性。点击这个图标，就能访问指定类型所有要素的属性。同时注意到就在每个要素类的要素属性图标的正下方的 图标，点击此图标，数字立体镜空间的下面就会出现属性表，再次点击关闭属性表。

10.4.4 采集建筑要素

1）采集多边形建筑

本节讲述如何采集一个建筑，然后使用三维面扩展工具得到三维要素。

（1）打开定位工具。

如果记得检查数字表面精度那部分的内容，你就会使用定位工具定位到影像的某个位置。

① 在数字立体镜空间的工具条上点击定位工具图标。数字立体镜空间加入了定位工具，见图 10.57。

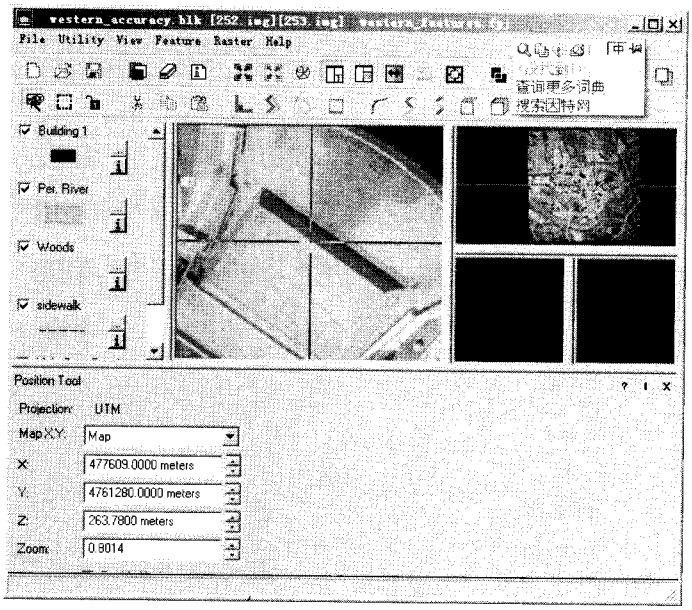


图 10.57 打开定位工具

② 在定位工具中的 X 区域键入 477609.0000，在 Y 区域键入 4761280.0000，在 Z 区域键入 263.7800。

③ 在定位工具中的 Zoom 区域键入 0.8014，按回车键。此时，系统自动定位到即将数字化的建筑。

④ 在定位工具中点击关闭图标，最大化显示区域。缩放到这个建筑充满整个主视图。

⑤ 必要时调整 X 视差。

（2）选择建筑物要素并数字化。

现在已经定位到需要数字化的建筑物上了，选择 Building 1 要素类，开始在立体分析里用要素采集工具数字化。

① 从要素类列表中单击选择 Building 1 图标。

一旦选择了要素类，在要素面板上就显示为按下和外包边框状态，如图 10.58 所示。

② 移动鼠标到显示区域，定位到建筑物的最北角。

③ 滚动鼠标滚轮调整光标高程，确保光标切于建筑物的顶部。

可以使用地形跟踪光标确保光标始终切于要素。打开地形跟踪光标的方法是：选择 Utility 菜单 | Terrain Following Cursor 命令。

④ 点击鼠标采集屋顶、房角，向右移动鼠标沿着屋顶线继续数字化，必要时调整光标高程和 X 视差。

鼠标超出主视图的显示范围时，影像自动漫游以便继续数字化。主视图边缘的影像区域激活漫游称为自动漫游触发区。这个区的宽度可通过在立体分析的 Digitizing Options 设置 Auto-Panning Trigger Threshold 参数来调整。立体分析的 Digitizing Options 选项还可以设置其他的漫游功能。

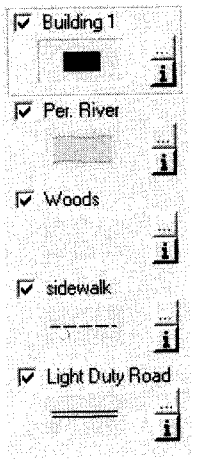


图 10.58　要素面板的状态

⑤ 当你数字化完建筑物的屋顶，双击鼠标封闭多边形，填充的多边形区域就是建筑物的房顶，显示在主视图中（图 10.59）。



图 10.59　屋顶要素所在区域

(3) 使用三维多边形扩展工具。

立体分析提供的一个有用的工具：三维多边形扩展工具。使用它可以扩展多边形，以便使数字化的屋顶接到地面，这将产生一个三维要素。可以对折线和多边形使用三维多边形扩展工具。

① 在主视图中，在靠近建筑物的地面上定位光标。在本例中，建议使用靠近你数

字化的第一个屋角的草地区域，见图 10.60。

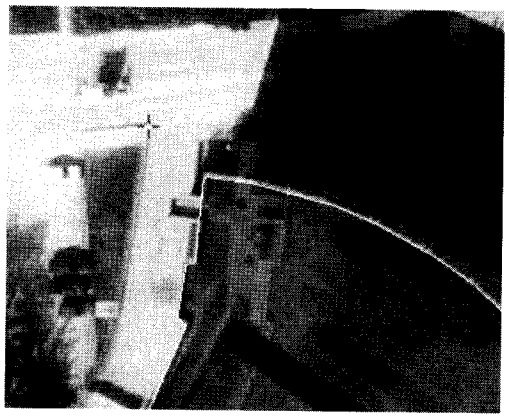


图 10.60　地面上定位光标

② 必要时调整 X 视差。

③ 使用左右视图作为参考，使用鼠标滚轮调整光标的高度直到光标刚好切于地面，见图 10.61。

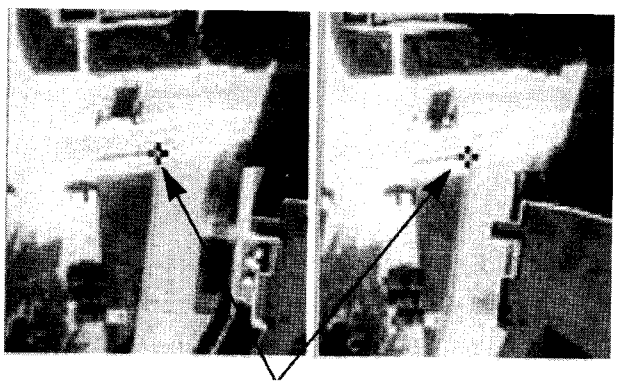


图 10.61　地面上定位光标

现在你已经将光标定位于地面上了，可以创建三维多边形。

④ 在刚数字化的多边形的线段上单击选中要素。

注意：选中要素多边形就不再显示为填充状态，同时数字化的多边形的边界顶点也高亮显示。如果没有选中，先单击选择要素工具上的图标。此时的建筑物看上去如图 10.62 所示。

⑤ 在要素工具上单击三维多边形扩展工具。

⑥ 单击选任何一个屋顶线的顶点。立体分析创建一个直达地面的屋顶三维脚印。在主视图中看起来像你数字化好的屋顶线的复制品，但是有轻微的偏移。

⑦ 左键单击三维多边形的外面取消选择。

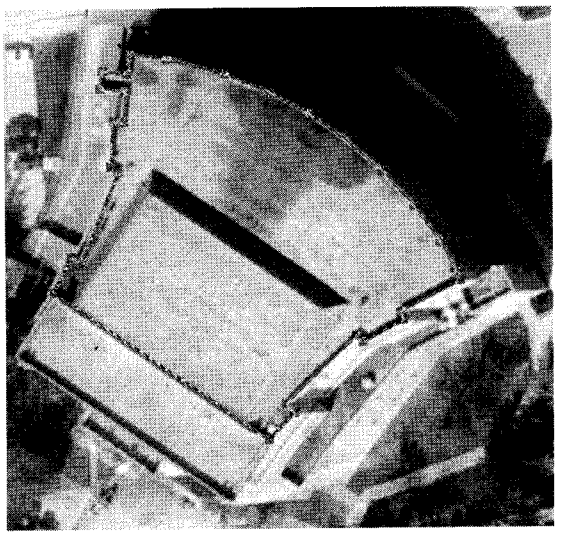


图 10.62　选中要素

多边形改变外观反映所有的数字化的节点，现在看上去像个三维要素。

⑧ 在主视图中缩放到能舒服地看到三维多边形。

数字化的每个顶点由一条线延伸到地面。多边形现在就是三维的，有了 Z 值或高程（图 10.63）。

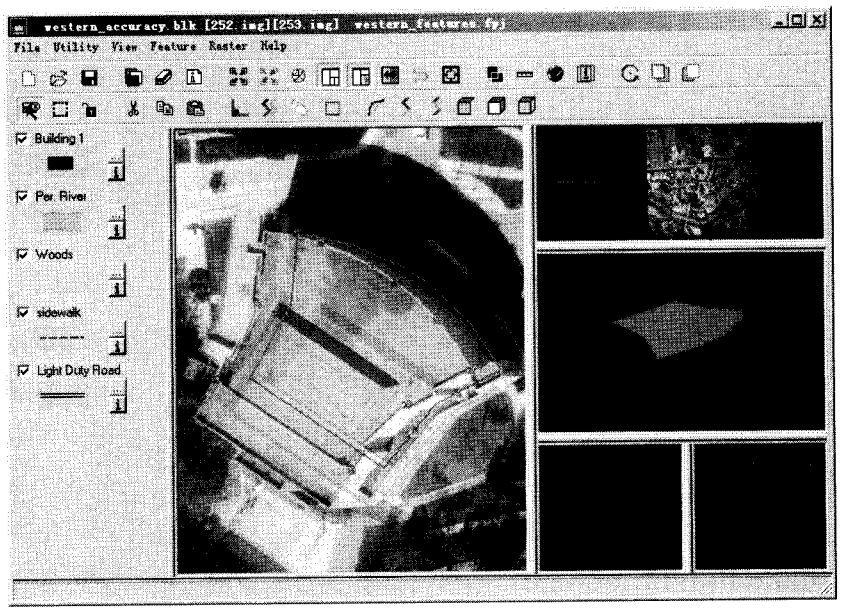


图 10.63　三维视图

⑨ 点击放大到影像精度图标。

2）采集超高建筑

再次练习使用三维多边形扩建工具创建三维要素。

（1）打开定位工具。

① 单击定位工具图标数字立体镜空间加入了定位工具。

② 在定位工具的 X 区域键入 477966，Y 区域键入 4761623，Z 区域键入 264.32。在 Zoom 区域键入 3.0，按回车键。一个塔形建筑显示在数字立体镜空间。

③ 放大使得塔填充整个主视图。必要时调成 X 视差。

注意：当采集特别高的要素时，如这个塔，周围都是低矮的要素，必须针对感兴趣的要素（即顶部）调整 X 视差，周围的要素和地面立体的效果很差，塔很高所以视差很大（图 10.64）。

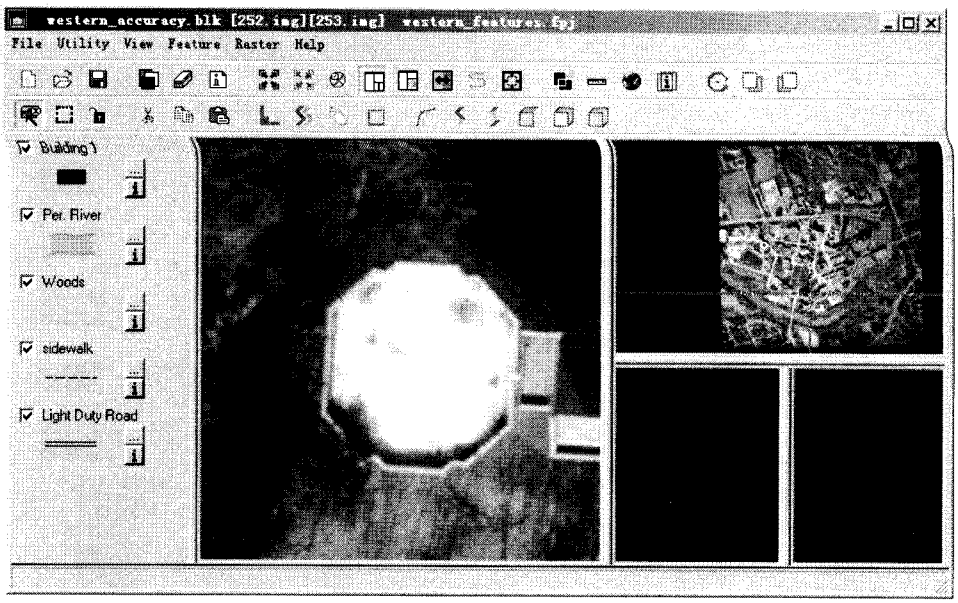


图 10.64　塔所在的位置

④ 在定位工具中点击关闭图标，最大化显示区域。

（2）选择建筑要素并数字化。

选择 Building 1 要素类，开始在立体分析里用要素采集工具数字化。

① 从要素类列表中单击选择 Building 1 图标，移动鼠标到显示区域，定位到塔的一个角。

② 滚动鼠标滚轮调整光标高程，确保光标切于塔的顶部。可以使用地形跟踪光标确保光标始终切于要素。打开地形跟踪光标的方法是：选择 Utility | Terrain Following Cursor 命令。

③ 点击鼠标采集塔的拐角，向右移动鼠标沿着顶部线继续数字化，必要时调整光标高程和 X 视差。

④ 当数字化完塔的顶部，双击鼠标封闭多边形，填充的多边形区域就是塔的顶部，显示在主视图中。如果多边形填充，说明此要素没有选中，见图 10.65。

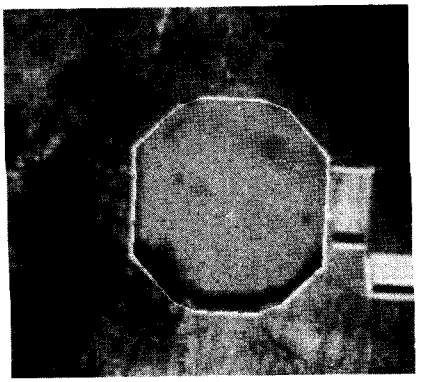


图 10.65　采集塔的顶部

(3) 使用三维多边形扩展工具。

① 在主视图中，在靠近塔的地面上定位光标。在本例中，建议使用靠近你数字化的第一个顶角的人行道区域，就像图 10.66 所描述的。

② 使用左右视图作为参考，使用鼠标滚轮调整光标的高度直到光标刚好切于地面，如图 10.66 所示。

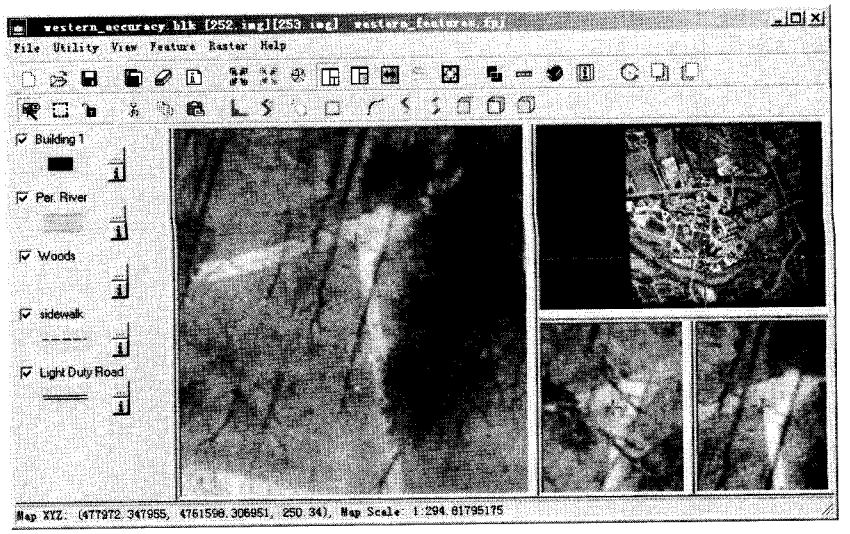


图 10.66　寻找地面点

现在你已经将光标定位于地面上，可以创建三维多边形。

③ 在刚数字化的多边形的线段上单击选中要素。注意：此时由于视差的存在，线有大的位移。

④ 在要素工具上单击三维多边形扩展工具，单击选任何一个塔顶线的顶点。

⑤ 左键单击三维多边形的外面不选它。

⑥ 点击放大到全图图标，在视图中看到三维多边形。

可以在别的视图（三维要素视图）中查看数字化的要素。和其他视图一样，它有改变要素显示的选项。

在三维要素视图（图 10.67）中，可以控制要素以便能看到它的各面，如顶部、底部；而且，还能将三维要素视图中的要素输出到诸如 *.wrl（VRML）格式的文件用于像 IMAGINE VirtualGIS 的应用系统。

① 放大使塔充满主视图。

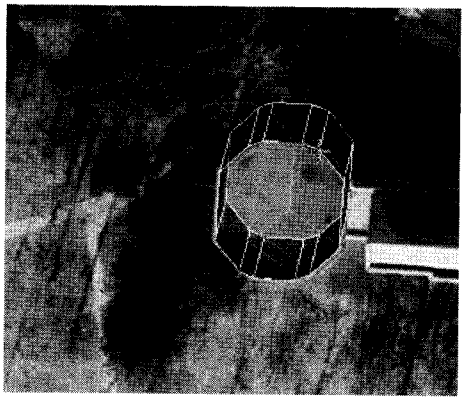


图 10.67　在三维要素视图中查看要素

② 单击三维要素视图图标。

③ 单击塔的线段的任意部分选中它，塔被高亮显示并显示在三维要素视图，见图 10.68。

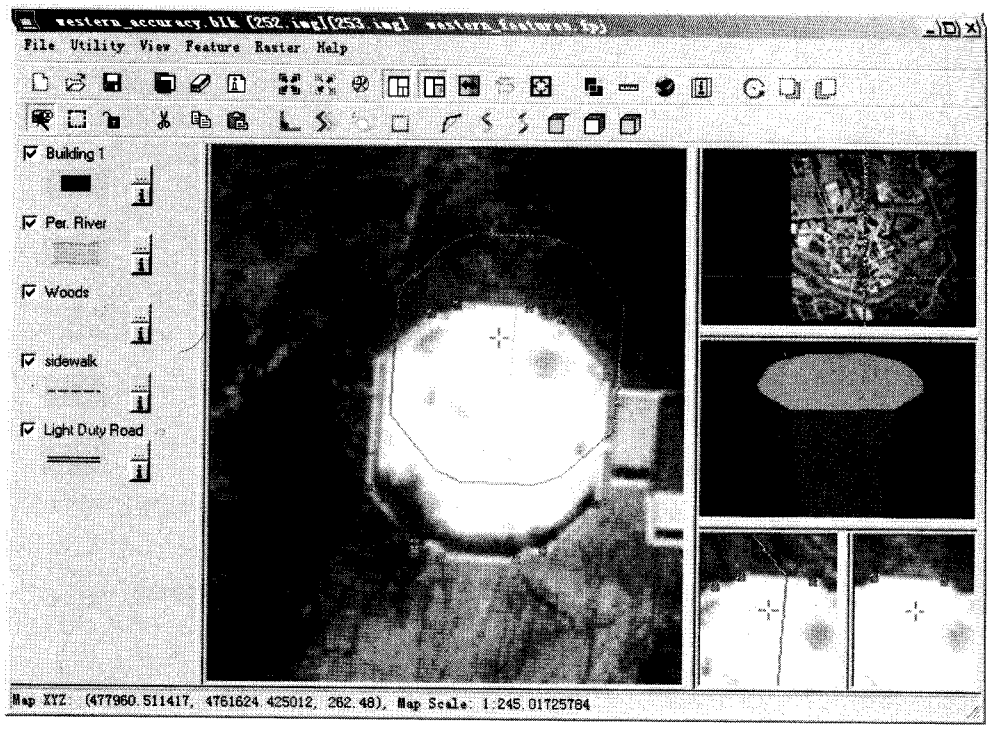


图 10.68　三维要素视图

④ 在三维要素视图中点击鼠标右键，打开 3D View Options 菜单，选择 Use Textures 命令。此时三维要素视图中的要素显示了纹理，这是真实的要素，见图 10.69。

⑤ 若要操作查看要素，可以在视图中单击并按住鼠标左键或中间键进行操作。



图 10.69　要素的顶部显示

3）采集直角建筑

上面的两节，练习了使用三维多边形扩展工具采集三维建筑。本节将学习另外一个方便的工具：直角捕捉工具。使用它可以方便地生成 90°的直角。

（1）打开定位工具。

① 单击定位工具图标数字立体镜空间加入了定位工具，在定位工具的 X 区域键入 477623，Y 区域键入 4761050，Z 区域键入 245.39，zoom 区域键入 0.8，按回车键。数字立体镜空间中将显示下面的建筑物，见图 10.70。其中，边角都是直角。

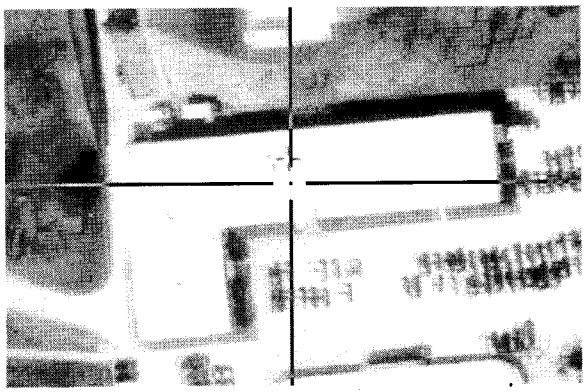


图 10.70　建筑物的轮廓

② 在定位工具中点击关闭图标 ×，最大化显示区域。调整视图使得建筑填充整个主视图。必要时调成 X 视差。

（2）选择建筑要素并数字化。

① 从数字立体镜空间的左面的要素类列表中单击选择 Building 1 图标。

② 从要素工具条上选择直角捕捉工具。一旦选中直角捕捉工具，在要素工具条上就一直显示为按下状态，指示着它一直处于激活状态。

③ 移动鼠标到显示区域，定位到建筑物的一个角。滚动鼠标滚轮调整光标高程，确保光标切于建筑的顶部。

④ 点击鼠标采集塔的拐角，向右移动鼠标沿着顶部线继续数字化，必要时调整光标高程和 X 视差。注意在第二个顶点，光标受限制，不能数字化不是 90°的线。然而，可以采用线上加顶点扩展它。

⑤ 当数字化完建筑的顶部（图 10.71），双击鼠标封闭多边形，填充的多边形区域就是建筑的顶部，显示在主视图中。如果多边形填充，说明此要素没有选中。

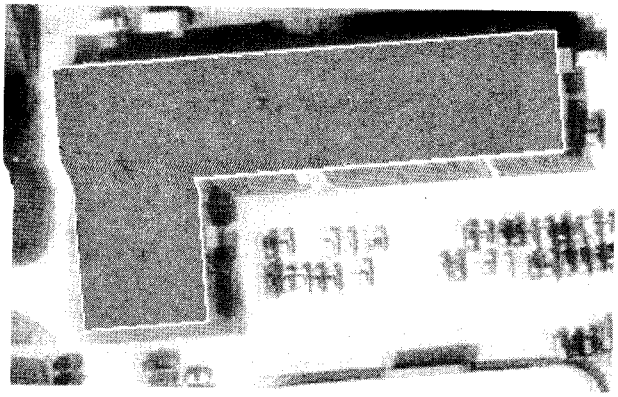


图 10.71　建筑的顶部

（3）使用三维多边形扩展工具。

① 在主视图中，在靠近建筑物的地面上定位光标（图 10.72）。在本例中，建议使用附近的人行道拐角。

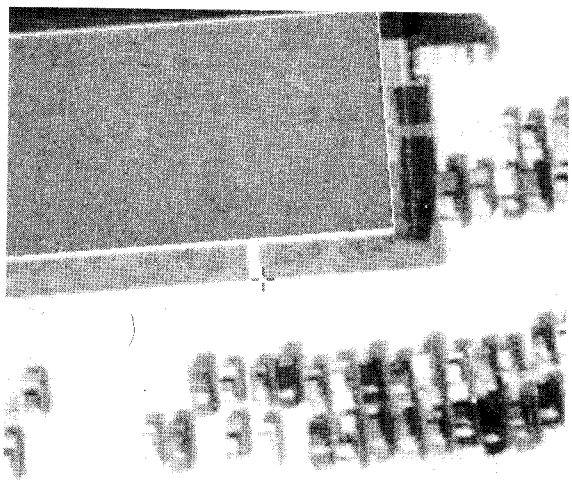


图 10.72　地面点位置

② 放大以便在左右视图里看到人行道的细节，必要时调整 X 视差。

③ 使用左右视图作为参考，使用鼠标滚轮调整光标的高度直到光标刚好切于人行道拐角，如图 10.73 所示。

④ 在刚数字化的多边形的线段上单击选中要素。

⑤ 在要素工具上单击三维多边形扩展工具，单击选任何一个屋顶线的顶点。

⑥ 左键单击三维多边形的外面不选它。此步骤很关键。

多边形改变外观反映所有的数字化的节点，现在看上去像个三维要素了。

⑦ 在主视图中缩放到能舒服地看到三维多边形。

数字化的每个定点，一条线延伸到地面。多边形现在就是三维的了，有了 Z 或高

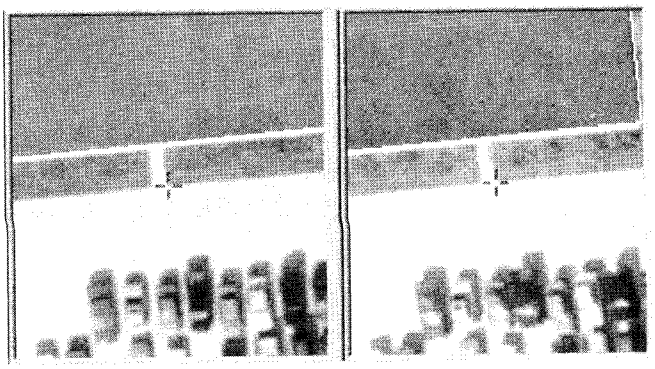


图 10.73　三维光标定位地面点

程（图 10.74）。

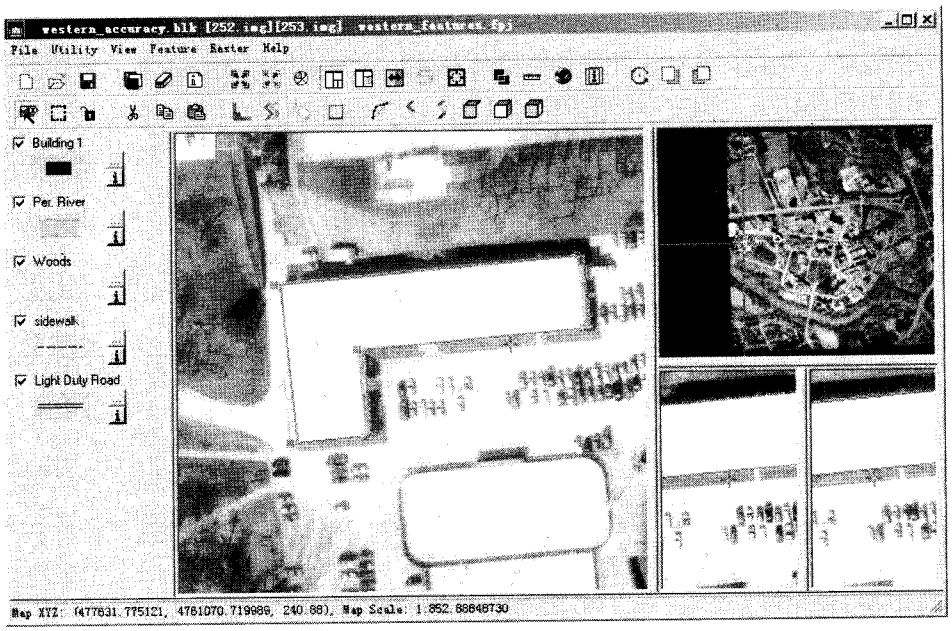


图 10.74　采集结果显示

⑧ 点击放大到影像精度图标。

第十一章　虚拟 GIS

虚拟 GIS 的提出是地理信息系统技术及应用发展到相当水平后的必然阶段，它是指一种专门用于研究地球科学的或以地球系统为对象的虚拟现实技术，计算机仿真技术或多媒体技术。与传统的地理信息系统相比，虚拟 GIS 具有多学科的集成性、空间性、动态性、基础开放性与实用性。虚拟 GIS 以其独特的处理空间数据的技术手段，大大提高了人类处理和分析大量有关地球资源、环境、社会与经济数据的能力，拓展了信息处理和应用领域。

虚拟 GIS 强调虚拟现实、科学计算可视化与 GIS 三者的结合，既强调高级人机接口在地学分析中的作用，又强调可视化思维和可视化分析在地学分析中的作用。

本章主要介绍如何利用 ERDAS IMAGINE 9.1 的 VirtualGIS 模块进行工程创建、属性层的叠加、导航、飞行、漫游及三维动画的制作、空间视域分析等，最后，设计了实例与练习帮助读者掌握常用的 ERDAS IMAGINE 9.1 虚拟 GIS 的理论与方法。

说明：本章所使用的数据均来自于 ERDAS IMAGINE 9.1 的 C：\Program Files\Leica Geosystems\Geospatial Imaging 9.1\examples 中。

11.1　虚拟 GIS 简介

IMAGINE Virtual GIS（虚拟 GIS）是强大的三维可视化分析工具，给用户提供了一种对大型数据库进行实时漫游操作的途径，它超越了简单的三维显示或者建立简单的飞行穿行观察（fly-through），它使人们能在真实的虚拟地理环境中交互处理，显示和查询多层栅格图像、矢量图形和注记数据。

虚拟 GIS 是建立在多维 GIS，特别是三维 GIS 研究的基础上，在强调传统三维 GIS 几何空间分析的同时，虚拟 GIS 也强调“逼真”的多维图形分析环境，“直觉”的交互手段对空间分析的作用。它以 Open GL 作为底层图形语言，由于 Open GL 语言允许对几何或纹理的透视使用硬件加速设置，从而使虚拟 GIS 可以在 Unix 工作站及 PC 机上运行。

Virtual GIS 是 ERDAS IMAGINE 9.1 的一个应用模块，它可附加于 IMAGINE 任意一级核心产品，即：Essentials（基本级）、Advantage（优越级）和 Professional（专业级），对于选购了该模块的用户，可以通过下列两种途径启动：

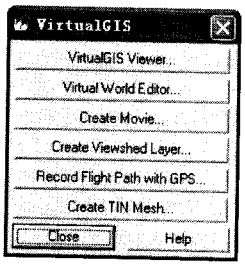


图 11.1　VirtualGIS 对话框

（1）在 ERDAS IMAGINE 主菜单，选择 Main | VirtualGIS 命令，打开 VirtualGIS 菜单（图 11.1）。

（2）在 ERDAS IMAGINE 主菜单，单击 VirtualGIS 图标，打开 VirtualGIS 菜单（图 11.1）。

从图 11.1 可以看出，VirtualGIS 模块包含了 6 个方面的功能，依次是虚拟 GIS 视窗（VirtualGIS Viewer）、虚拟世界编辑器（Virtual World Editor）、三维动画制作

(Create Movie)、空间视域分析（Create Viewshed Layer)、GPS 记录飞行路线(Record Flight Path with GPS)、创建 TIN（Create TIN Mesh)。虚拟 GIS 视窗几乎集成了所有虚拟 GIS 的操作功能，包括三维虚拟环境的构建、编辑、漫游、动画、注释、输出等；虚拟世界编辑器则是对相关数据格式进行变换使不同分辨率的显示速度加快，在虚拟世界编辑器中，不同分辨率和不同投影类型的多种数据集可以被结合成同一个虚拟世界，并在虚拟 GIS 视窗中显示。三维动画制作与空间视域分析都是基于上述虚拟空间环境进行的。

11.2 虚拟 GIS 工程

虚拟 GIS 工程文件将 VirtualGIS 视窗中所有的数据层及其显示参数、飞行路线和观测位置保存到一个配置文件中，当工程文件被打开时，其所有属性都将保持该文件创建时的状态。

11.2.1 创建虚拟 GIS 工程

1）生成虚拟 GIS 视景

生成虚拟 GIS 视景，是创建虚拟 GIS 工程的基础，也是虚拟 GIS 编辑的前提。最简单的虚拟 GIS 视景是由具有相同地图投影和坐标系统的数字高程模型 DEM 和遥感图像组成的。

(1) 通过下面两种途径打开 VirtualGIS 窗口。

① 在 ERDAS IMAGINE 主菜单，选择 Main | VirtualGIS | VirtualGIS Viewer 命令，打开 VirtualGIS Viewer 视窗。

② 在 ERDAS IMAGINE 主菜单，单击 VirtualGIS 图标 | VirtualGIS Viewer 命令，打开 VirtualGIS Viewer 视窗（图 11.2)。

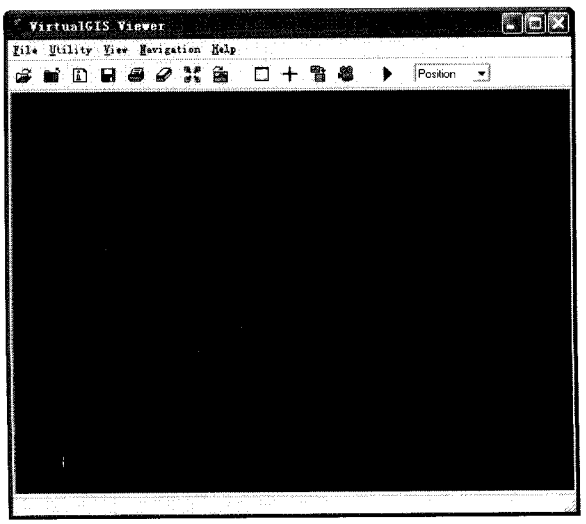


图 11.2 VirtualGIS Viewer 视窗

可以看出 VirtualGIS Viewer 视窗和一般视窗一样也由 5 部分构成：标题栏、菜单栏、工具栏、工作区、状态栏。

（2）打开 DEM 文件。

DEM 文件是 ERDAS IMAGINE 9.1 的 examples 中自带的 IMG 文件。

① 选择 File | Open | DEM 命令，打开 Select Layer To Add 对话框（图 11.3）。

② 在 Select Layer To Add 对话框中，选择类型（File of type）为 IMAGINE image（*.img），选择处理图像文件（File name）为 DEMmerge _ sub.img，并在 Raster Options 选项卡中设置相关参数（图 11.4）。

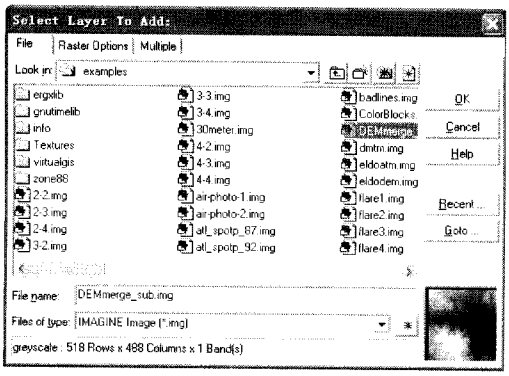


图 11.3　Select Layer To Add 对话框

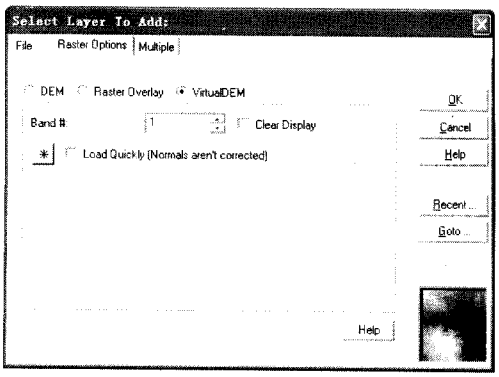


图 11.4　Raster Options 栏目

③ 单击 OK 按钮，VirtualGIS 视窗中即显示 DEM。

说明：如果选择 VirtualDEM 技术打开 DEM，则保持了原始的地形格式，同时摒弃了原来的基于磁盘和时间消耗的方式，采用影像金字塔模型提供了不同精细程度的地形模型，虚拟 DEM 按照影像金字塔的层数对三角形进行渲染，当显示全部场景时仅显示顶层的金字塔的三角形个数；显示局部细节时根据金字塔的对应显示级别渲染指定的三角形，且所有的这些都不需对数据进行额外的预处理；如果选择 DEM 技术打开 DEM，则需根据需要设置图像显示的详细程度等参数。

（3）叠加图像文件。

要叠加图像文件必须先打开 DEM 文件，且两者必须具有相同的地图投影坐标体系。

① 单击 Open 按钮，打开 Select Layer To Add 对话框（图 11.3）。

② 在 Select Layer To Add 对话框中，选择类型（File of type）为 IMAGINE image（*.img），选择处理图像文件（File name）为 XS _ truecolor _ sub.img。并在 Raster Options 选项卡设置相关参数，图像以真彩色（True Color）显示（图 11.5）。

③ 单击 OK 按钮，图像叠加在 DEM 之上，产生虚拟 GIS 视景（图 11.6）。

说明：DEM 及图像显示的详细程度（Level of Detail）用于确定虚拟 GIS 视窗中显示 DEM 与图像的分辨率高低，减小该参数有利于加快显示速度但降低了分辨率；相反，增大该参数有利于三维视景的效果表达，但影响交互编辑操作的速度，读者可以根据自己的需要设置合适的参数。

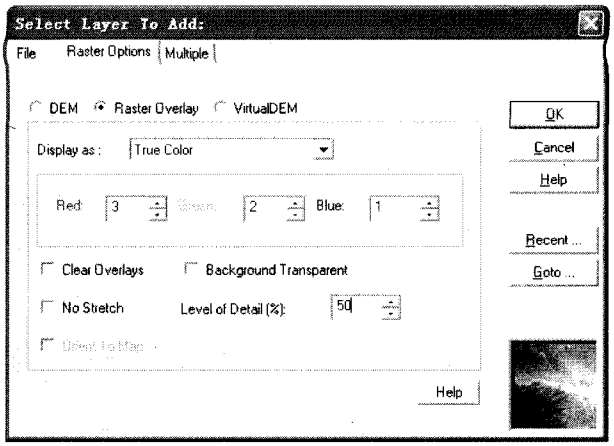


图 11.5　Select Layer to Add 对话框（Raster Options 栏目）

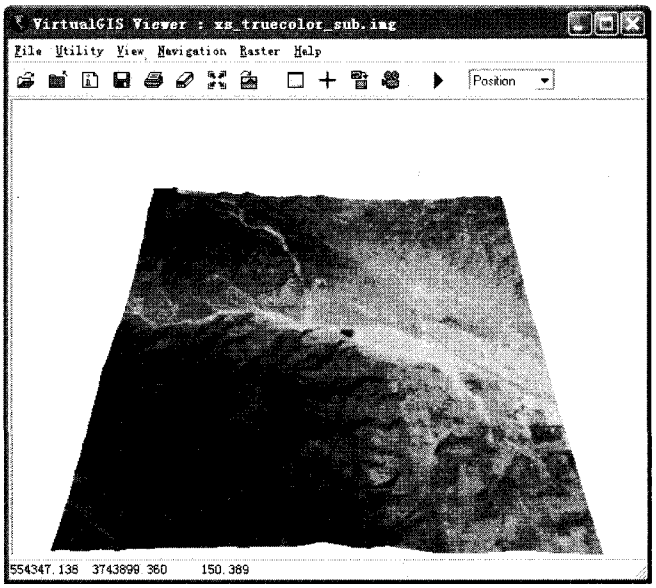


图 11.6　虚拟 GIS 视景（背景色调整后）

2）保存虚拟 GIS 工程

虚拟 GIS 视景可以保存为一个虚拟 GIS 工程文件（*.vwp）。VirtualGIS 工程文件是一个保存虚拟 GIS 视景的配置文件（Configuration File）。虚拟 GIS 视景一旦保存为 VirtualGIS 工程，加载到视景中的所有数据层、显示参数、飞行路线等都将作为工程文件的参考值。如果工程文件被打开，其所有属性、包括视景图像空间分辨率和显示背景颜色，都将保持该文件产生时的虚拟 GIS 视景状态。

虚拟 GIS 工程的保存操作如下：

（1）选择 File | Save | Project As 命令，打开 Save VirtualGIS Project 对话框（图 11.7）。

（2）在 Save VirtualGIS Project 对话框中，选择存储图像文件（File Name）为 D：\Chp11\Tutor\virtualgis.vwp。

需要注意的是，虚拟工程是以绝对路径来保存数据的，一旦被移动，会导致工程不能被正常打开，故在此章节中，用户可以将随书实习数据 Chp11 复制到本机的 D 盘根目录下，以便工程文件的正常打开。

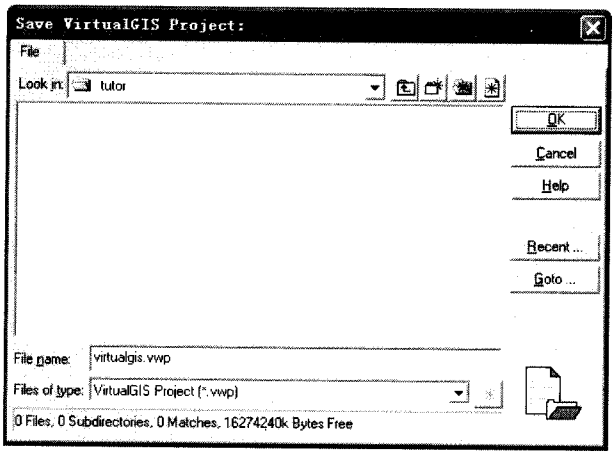


图 11.7　Save VirtualGIS Project 对话框

11.2.2　编辑 VirtualGIS 视景

在上节中所创建的虚拟 GIS 工程是由一个虚拟 GIS 视景组成的，其中的视景是一个基本的虚拟 GIS 视景，用户可以根据自己的需要，应用虚拟 GIS 视窗菜单条和工具条中所集成的大量编辑功能，对虚拟 G1S 视景进行编辑。

首先在 VirtualGlS 视窗中打开 VirtualGlS 工程文件：

选择 File | Open | VirtualGlS Project 命令，打开 Select Layer To Add 对话框，选择已保存的工程文件（File name）为 D：\Chp11\Tutor\virtualgis.vwp。

打开 VirtualGlS 工程文件后，可以对其 VirtualGlS 视景分别进行下列编辑操作。

1）调整太阳光源位置

太阳光源位置（Sun Position）包括太阳方位角、太阳高度角以及光线强度等参数，通过设置光源位置可以调整场景的照明情况。

太阳方位角以正北方向为 0°，按顺时针方向度量，如 90°方向为正东方向，由于人眼的视觉习惯，通常默认方位角为 315°，即西北方向。太阳高度角为光线与水平面之间的夹角，同样以度为单位，为符合人眼视觉习惯，通常默认为 45°。

在 ERDAS IMAGINE 9.1 中这些参数都可以直接由用户给定具体的数值，其中太阳方位角也可以通过确定时间（年、月、日、时）由系统自动计算获得，具体过程如下：

（1）选择 View | Sun Positioning 命令，打开 Sun Positioning 对话框（图 11.8）。

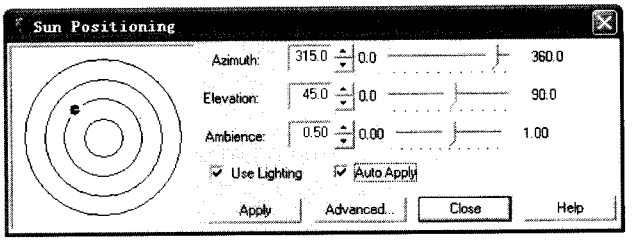


图 11.8　Sun Positioning 对话框

（2）在 Sun Positioning 对话框中，在使用太阳光源的情况下，可通过输入数字或移动标尺设置下列参数。

① 太阳方位角（Azimuth）为 315（取值范围 0～360）；太阳高度（Elevation）：为 45（取值范围 0～90）；光线强度（Ambience）为 0.5（取值范围 0～1），值越大，光照越强。

② 点击 Advanced 按钮，打开 Sun Angle From Date 对话框（图 11.9），可根据自己的需要输入相应的日期、时间和经纬度坐标，来调整太阳光源位置。

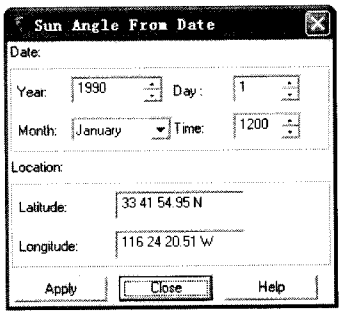


图 11.9　Sun Angle From Date 对话框

2）调整视景特性

虚拟 GIS 视景特性包括多个方面，有 DEM 显示特性、烟雾显示特性、背景显示特性、三维漫游特性、立体显示特性、注记符号特性等，特性参数比较多，具体的调整过程如下：

选择 View | Scene Properties 命令，打开 Scene Properties 对话框（图 11.10）。

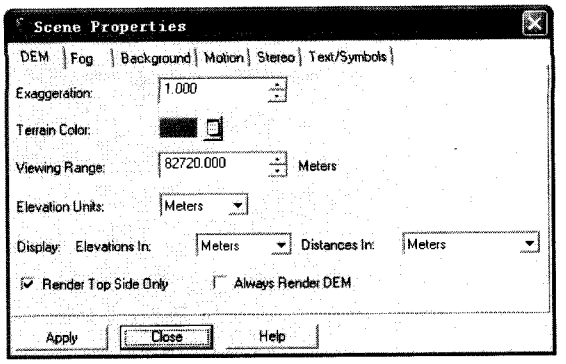


图 11.10　Scene Properties 对话框（DEM 选项卡）

（1）在 DEM 选项卡，如图 11.10 所示，设置 DEM 显示特性，单击 Apply 按钮，实现更改。

在调整 DEM 垂直比例（Exaggeration）中的数值表示高程被拉伸的倍数，1 表示地面高程没有拉伸，2 表示地面高程显示为原高程的两倍，依次类推。

（2）在 Fog 选项卡，如图 11.11 所示，设置烟雾显示特性，单击 Apply 按钮，实现更改。

在设置烟雾浓度（Density）中，数值设置越大，所显示的烟雾越浓。

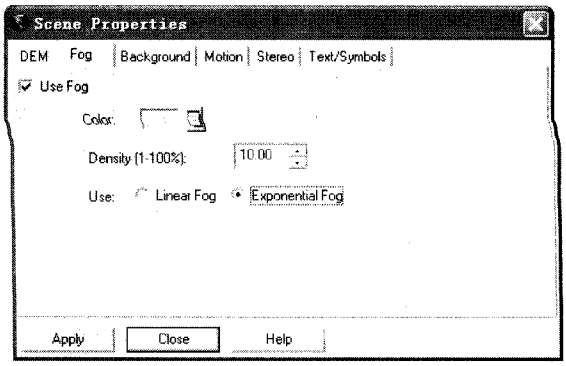


图 11.11　Scene Properties 对话框（Fog 选项卡）

（3）在 Background 选项卡，如图 11.12 所示进行背景显示特性设置，单击 Apply 按钮，实现更改。

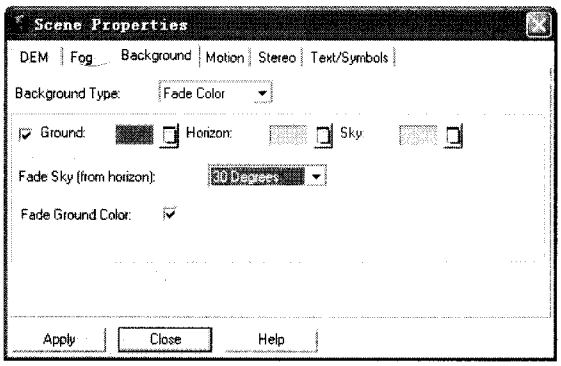


图 11.12　Scene Properties 对话框（Background 选项卡）

在背景类型（Background Type）设置中，包括四个选择，分别为：Fade Color（渐变颜色）、Solid Color（固定颜色）、Image（图像）、Panorama（全景）。只有选择了渐变颜色的模式才可以进一步对地面、地平线、天空的颜色和颜色渐变范围进行设置，该模式可以显示黎明、日出、日落的效果。

在颜色渐变范围（Fade Sky from horizon）设置中，20 Degrees 为 Fade Point，所以天空渐变颜色范围设置高于地平面 20 Degrees 时才可以看出效果。

（4）在 Motion 选项卡，如图 11.13 所示进行三维漫游特性设置，点击 Apply 按

钮，实现更改。

在漫游速度（Motion Speed）中设置的数值表示漫游速度为每帧 25m，见图 11.13。

在设置漫游时距离地面高度（Terrain Offset）中，数值越大距离地面越高。

开启自动进行冲突检测（Collision Detection）功能，可以避免在漫游过程中撞到场景中的对象。但是使用冲突检测，可能会阻止你漫游到选定的模型，此时可以设置冲突检测为负夸张，也可以根据需要禁用该功能。

注：使用该选项卡，必须是在定位导航模式（Position）的状态下。

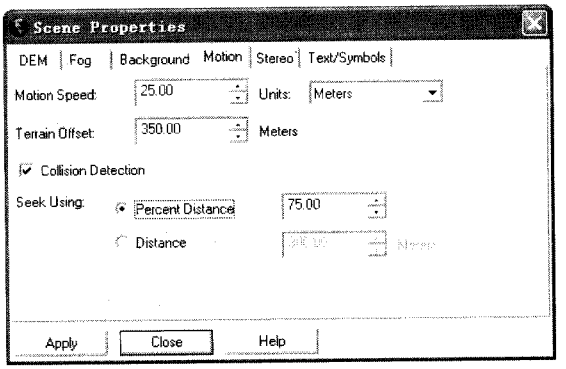


图 11.13　Scene Properties 对话框（Motion 选项卡）

（5）选择 Stereo 选项卡，如图 11.14 所示进行立体显示特性设置。点击 Apply 按钮，实现更改。

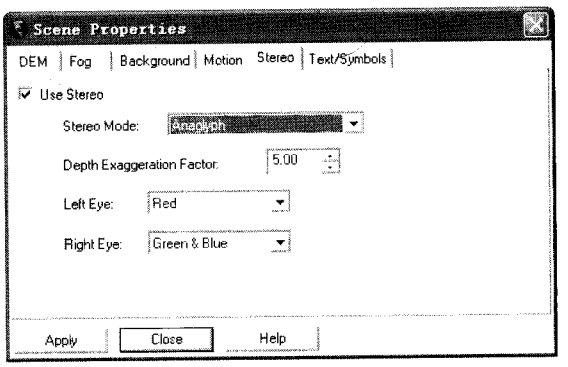


图 11.14　Scene Properties 对话框（Stereo 选项卡）

立体像对模式（Stereo Mode）有三种类型：Anaglyph（浮雕模式），Stereo-in-a-Window（窗口模式）和 Full Screen（整屏模式）。浮雕模式是一个简单的立体模式，只需佩戴简易的立体镜即可，无需其他高级设备。

设定深度放大因子（Depth Exaggeration Factor）：5.00（该因子数值越大，观测者距离立体像对越近）。

设定观察的颜色：Left Eye：Red；Right Eye：Green & Blue。一定要保证所选择

的颜色与所佩戴的立体镜的颜色相匹配，一般红蓝眼镜左眼设定 Red，右眼设定 Green & Blue 的状态下立体观察效果最佳。

注：如果使用 Full Screen 模式，为了显示立体效果，此时屏幕被复制分成上下两层，为了能进行快速浏览，将鼠标放置顶层点击即可。如果想退出该模式，右击鼠标，在弹出的菜单中，将 Stereo 前的勾号取消即可。

（6）选择 Text/Symbols 选项卡，如图 11.15 所示进行注记符号特性设置。点击 Apply 按钮，实现更改。

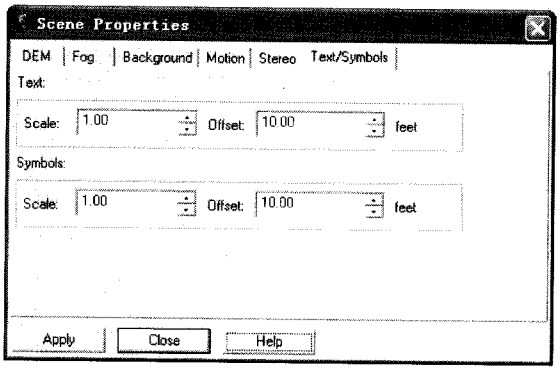


图 11.15　Scene Properties 对话框（Text/Symbols 选项卡）

为了便于观察效果，读者可添加矢量层和注记层，创建矢量层和注记层的具体方法可参考 11.2.3 节。

在数字注记显示比例（Text Scale）中，1 表示注记显示比例没有夸大，2 表示乘以两倍显示，依次类推。

在数字注记距离地面高度（Text Offset）中，数值越大，表明注记悬空越高。

在图形符号距离地面高度（Symbols Offset）中，数值越大，图形符号悬空越高。

3）变换视景详细程度

虚拟 GIS 三维视景显示的详细程度，在产生虚拟 GIS 视景过程中已经进行过初步设置，在编辑操作过程中，还可以根据对视景质量和显示速度的需要随时进行变换调整。

选择 View | Level of Detail Control 命令，打开 Level Of Detail 对话框，如图 11.16 所示，通过直接输入数字或者拖动标尺设置参数。单击 Apply 按钮，实现更改，单击 Close 按钮，关闭 Level Of Detail 对话框。

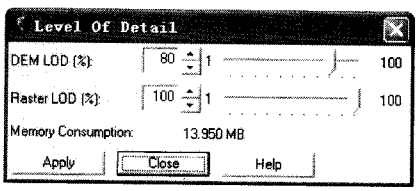


图 11.16　Level Of Detail 对话框

在 DEM 显示的详细程度（DEM LOD）中，数值越大，详细程度越高，显示效果越好，但操作速度也越慢。

4）产生二维全景视窗

虚拟 GIS 视窗是一个三维视窗，随着三维漫游等操作的进行，视窗中所显示的可能只是整个三维视景的一部分，致使操作者往往搞不清楚观测点的位置以及观测目标状况，二维全景视窗正好可以解决上述问题。

选择 View | Create Overview Viewer（Linked）命令（选择 Linked 表示二维窗口与三维窗口建立连接关系，选择 Unlinked 则表示两者间没有建立连接关系），打开 ERDAS IMAGINE 9.1 二维全景视窗（图 11.17）。

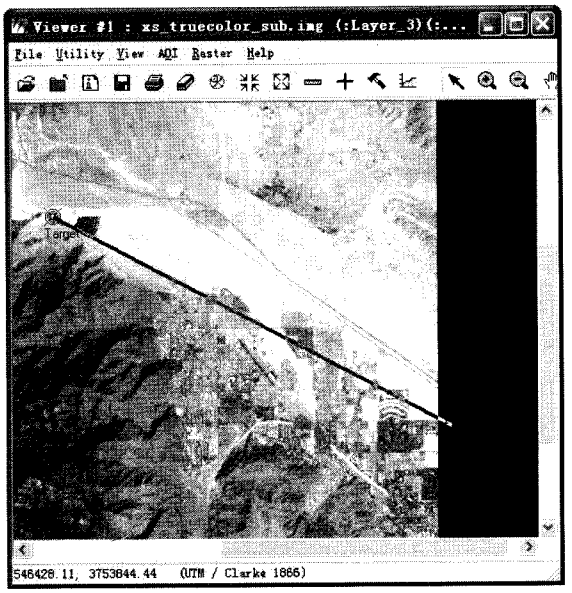


图 11.17　二维全景视窗

ERDAS IMAGINE 9.1 二维全景视窗中不仅包含虚拟 GIS 三维视窗中的全部数据层，更重要的是其中的定位工具（Positioning Tool），由 Eye（观测点）和 Target（目标点）及其连线组成，由于二维全景视窗与虚拟三维视窗是互动连接的，因此可以借助于鼠标任意移动 Eye、Target 和连线来调整视角与视域，只要定位工具中的任意一个部分发生位移，虚拟 GIS 视窗中的三维视景就会相应地漫游，非常直观、便于操作。也可以在二维视窗中定义确切的 Eye、Target 坐标位置与颜色来调整三维图像显示效果。具体步骤如下：

选择 Utility | Selector Properties 命令，打开 Eye/Target Edit 对话框（图 11.18），对观测点和目标点的坐标位置和颜色进行调整。

注：如果地表和观测点与目标点之间的连线相交，目标点将会自动改变，使之不相交。

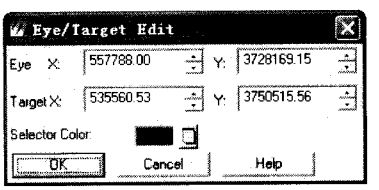


图 11.18　Eye / Target Edit 对话框

5）编辑观测点位置

上述的二维全景视窗中，用户只能在二维平面上移动观测点位置，然后三维随之进行相应地移动，而借助观测点位置编辑器（Position Editor），则可以在三维空间中编辑观测点位置，具体步骤如下：

在 VirtualGIS 视窗菜单条，选择 Navigation | Position Editor 命令，打开 Position Editor 对话框，如图 11.19 所示进行设置。单击 Close，关闭 Position Editor 对话框。

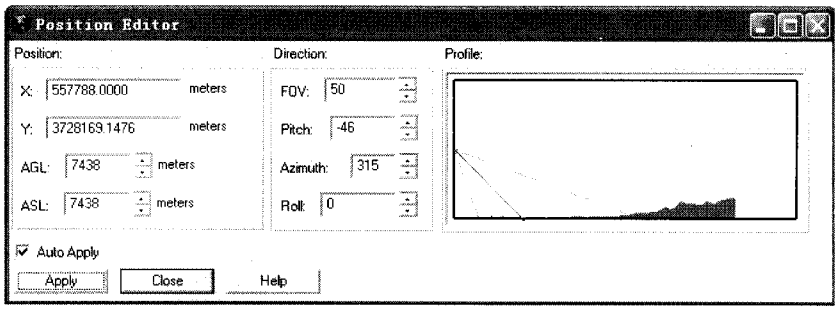


图 11.19　Position Editor 对话框

在观测点的高度位置（Position）设置中，AGL 数值（Above Ground Level）是观测点距地平面的高度、ASL 数值（Above Sea Level）是观测点距海平面的高度。

在观测点的角度（Direction）设置中，FOV（Field of View）表示观测视场角度；Pitch 表示观测俯视角度；Azimuth 表示观测方位角度；Roll 表示旋转角度。

观测点位置剖面（Profile）由 3 条线组成，一条红线，两条绿线。中间红线的左边端点表示观测者的高度位置，右边端点表示地面观测者视域范围中心点，两边的绿线代表视域范围的边界，可拖动两个红色端点调整位置参数和方向参数。

11.2.3　叠加 GIS 要素层

在已经创建的虚拟 GIS 视景中，可以叠加多种要素数据层（Overlay Feature Layers），如洪水层（Water Layer）、矢量层（Vector Layer）、注记层（Annotation Layer）、模拟雾气层（Mist Layer）、空间模型层（Model Layer）等。叠加属性层操作的第一步也是打开虚拟 GIS 工程文件，且矢量层和注记层需要先在二维视窗中编辑，然后才能在虚拟 GIS 视窗中调用，并叠加在虚拟 GIS 视景之上。以下就一些常用的叠加属性数据层的方法与过程做一些介绍。

1）叠加洪水层

洪水淹没分析功能目前在水利和防洪方面具有较高的实际应用价值，它可以高效、全面、动态地监测水土流失的状况，并能根据数字地面模型快速、准确地模拟洪水的影响范围，以确定高洪水危险区域，从宏观、直观上对抗洪救灾工作发挥指导作用，减少损失和提高保险金额。

在 VirtualGIS 视窗中叠加洪水层（Water Layers），系统提供了两种模式：Fill Entire Scene 和 Create Fill Area。在 Fill Entire Scene 模式时，对整个可视范围增加一个洪水平面，水位的高度可以调整以模拟洪水的影响范围。在 Create Fill Area 模式时，可以选择点进行填充，VirtualGIS 将模拟比选择点低的地区所构成的“岛（Island）”的范围，并计算出“岛”的表面积和体积。

（1）打开 DEM 文件。

选择 File | Open | Raster Layer 命令，打开 Select Layer To Add 对话框。选择输入图像文件（File name）为 eldodem. img。

（2）打开图像文件。

选择 File | Open | Raster Layer 命令，打开 Select Layer To Add 对话框，选择输入图像文件（File name）为 eldoatm. img。

（3）设置场景特性。

选择 View | Scene Properties 命令，打开 Scene Properties 对话框。

① 选择 DEM，设置 Exaggeration 为 2。

② 选择 Background，设置 Background Type 为 Fade Color。

③ 选择 Motion，设置 Motion Speed 为 80。

④ 单击 Apply 按钮，应用设置参数。

（4）创建洪水层。

选择 File | New | Water Layer 命令，打开 Create Water Layer 对话框（图 11.20）。



图 11.20　Create Water Layer 对话框

在 Create Water Layer 对话框中，选择输出洪水层文件（Water Layer）为 D:\Chp11\tutor\virtual_water.fld，单击 OK，创建洪水层文件。

洪水层文件建立后，自动叠加在虚拟 GIS 视景之上，由于洪水层中还没有属性数据，所以现在虚拟 GIS 视景还没有什么变化。不过，在虚拟 GIS 视窗菜单条中已经增加了一项 Water 菜单，其中包含了关于洪水层的各种操作命令和参数设置，具体功能如表 11.1 所示。

表 11.1　VirtualGIS Water 菜单命令与功能

命令	功能
Fill Entire Scene	洪水充满整个视景模式开关
Water Elevation Tool	洪水高度设置工具
Display Styles	洪水显示特性设置
Create Fill Areas	洪水区域填充模式开关
Fill Attributes	洪水填充属性表格
View Selected Areas	浏览选择洪水区域
Move to Selected Areas	移到选择洪水区域

（5）编辑洪水层。

应用表 11.1 所列的洪水层操作命令，可对所创建的洪水层进行各种属性编辑，以便在虚拟 GIS 视景中观测和显示洪水泛滥和淹没情况，下面将按照 Fill Entire Scene 和 Create Fill Area 两种模式分别进行说明。

① Fill Entire Scene 模式。

选择 Water | Fill Entire Scene 命令，虚拟 GIS 视景之上就叠加一个具有缺省属性的洪水层（图 11.21）。

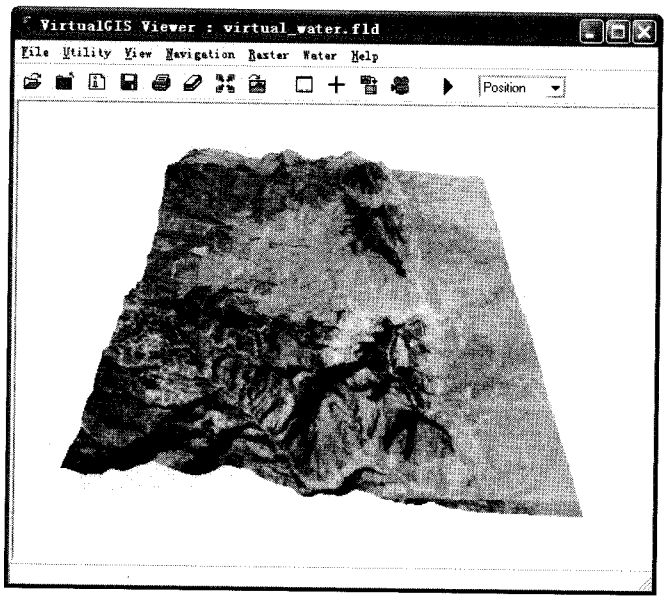


图 11.21　VirlualGIS 视景上叠加洪水层（两层）

对于虚拟 GIS 之上叠加的充满整个视景的洪水层，可进一步编辑其属性。

i. 调整洪水的高度。

选择 Water | Water Elevation Tool 命令，打开 Water Elevation 对话框，按图 11.22所示进行设置。单击 Apply 按钮，实现设置。

在 Water Elevation 对话框，可通过两种方式设置洪水高度。第一，直接输入 Elevation 值或通过右侧按钮增加或减小 Elevation 值；第二，在自动应用模式（Auto Apply）启用的状态下，设置洪水高度增量（Delta），点击鼠标拖动左边竖直的滚动条，实现洪水高度的变化，该方法能实时观测不同高度下洪水的淹没范围。

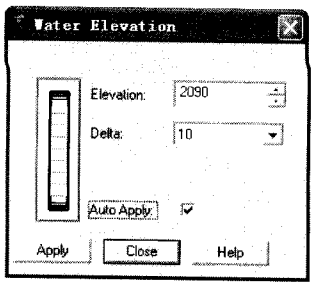


图 11.22　Water Elevation 对话框

此时，在 VirtualGIS 视窗工具栏最右侧的下拉菜单中选择地形模式（terrain），移动鼠标左键可感受洪水淹没状况，图中浅颜色的即为洪水淹没区（图 11.23）。

ii. 设置洪水显示特性。

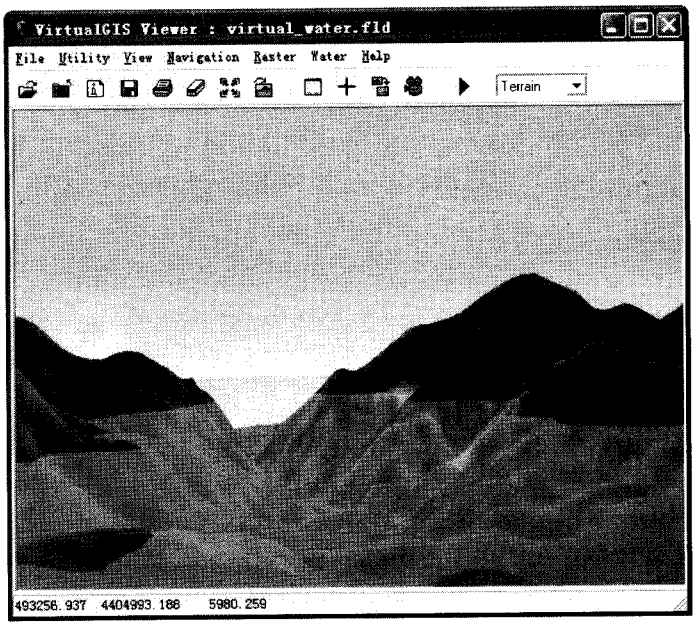


图 11.23　洪水淹没状况显示图

选择 Water | Display Styles 命令，打开 Water Display Styles 对话框，如图 11.24 所示进行设置。单击 Apply 按钮，实现设置。

洪水表面特征（Surface Style）包括三种模式，包括 Rippled（水波纹）、Solid（固定色）、Textured（图像纹理）。

iii. 退出洪水淹没层。

VirtualGIS 视窗工具栏最右侧的下拉菜单中选择定位模式（Position），选择 Water | Fill Entire Scene 命令，退出洪水淹没层。

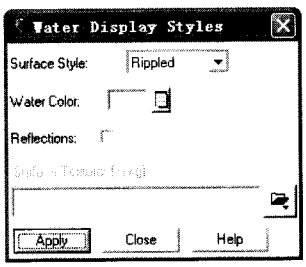


图 11.24　Water Display Styles 对话框

② Create Fill Area 模式。

选择 Water | Create Fill Area 命令，打开 Water Properties 对话框（图 11.25）。

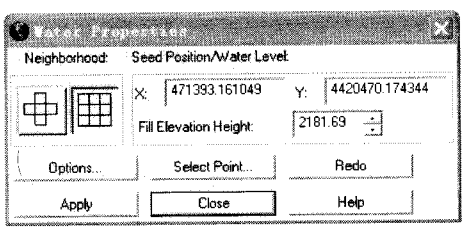


图 11.25　Water Properties 对话框（选择区域之后）

在 Water Properties 对话框中，进行下列设置：

i. 设置种子点生长方式（Neighborhood）：左边的 为 4 邻域，右边的 为 8 邻域。

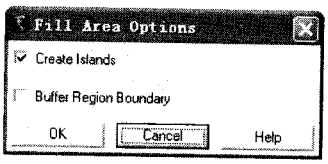


图 11.26　Fill Area Options 对话框

ii. 点击 Options 按钮，打开 Fill Area Options 对话框（图 11.26），设置产生岛选择项：Create Islands 复选框。单击 OK 按钮，关闭 Fill Area Options 对话框，应用选择项设置。

iii. 点击 Select Point 按钮，并在虚拟 GIS 视窗中点击鼠标左键确定一点（该点的 X，Y 坐标与高程将分别显示在 Fill Area Options 对话框中），可调整洪水层填充区域高度（Fill Elevation Height）。

iv. 单击 Apply 按钮，应用洪水层设置参数，产生洪水淹没区域并计算面积与体积。

v. 重复执行上述操作，可以产生多个洪水淹没区域。

vi. 单击 Close 按钮，关闭 Water Properties 对话框，结束洪水淹没区域填充。

vii. 选择 File | Save | Top Layer 命令，保存洪水层。

对于上述过程中所产生的洪水淹没填充区域，可通过洪水填充属性表进行编辑：选择 Water | Fill Attributes 命令，打开 Area Fill Attributes 视窗（图 11.27）。

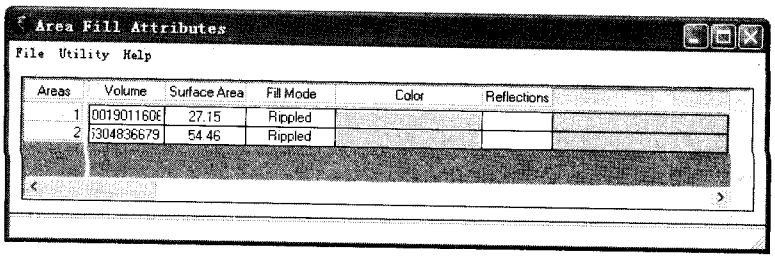


图 11.27　Area Fill Attributes 视窗

Area Fill Attributes 视窗由菜单条和洪水属性表（Attributes Cell Array）组成，属性表中的每一条记录对应一个洪水淹没区域，每一条记录都包含洪水的体积、淹没区域面积、洪水区域填充模式、填充颜色、是否产生映像、洪水表面纹理等属性信息。其中，洪水的体积与面积单位可以改变，填充模式与填充颜色等也可以调整，具体编辑过程如下。

① 改变洪水体积与面积单位。

选择 Utility | Set Units 命令，打开 Set Volume/Area Units 对话框，如图 11.28 所示进行设置。

② 调整洪水区域填充模式。

单击 Fill Mode 属性列的 Rippled，打开 Set Fill Mode 对话框，如图 11.29 所示进行设置。

③ 调整洪水区域填充颜色。

单击 Color，弹出常用色标，选择 Other，打开 Color Chooser 对话框（图 11.30），

设置合适的颜色参数，可设置多个洪水填充区的颜色。

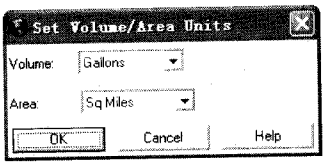


图 11.28　Set Volume/Area Units 对话框

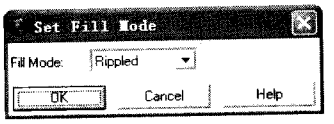


图 11.29　Set Fill Mode 对话框

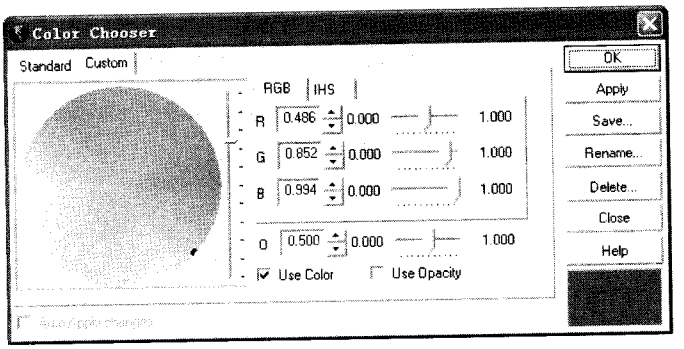


图 11.30　Color Chooser 对话框

④ 删除某些洪水填充区域。

对于有些洪水填充区域，如果不再需要，鼠标点击选择不需要区域的那一行，选择 File | Delete Seleted Areas 命令，在弹出的对话框中选择“是”，删除不需要的区域。

说明：也可在 Virtual GIS 视窗菜单条，选择 Water | Display Styles 命令，调整洪水区域填充模式和填充颜色。设置透明的填充模式，可以优化 3D 模型的显示速度。

经过洪水区域填充模式和填充颜色调整之后的洪水层，及其在虚拟 GIS 三维视景中的显示状况如图 11.31 所示。

2）叠加矢量层

在 Virtual GIS 视窗中可以叠加矢量图形层（Overlay Vector Layer），当然，要求矢量图形层与 DEM 数据层和栅格图像层具有相同的地理参考体系（地图投影及地理坐标）。VirtualGIS 并没有提供生成矢量数据层的功能，所以，在虚拟 GIS 视景中叠加矢量图形层之前，需要在二维视窗中产生一个新的矢量图形层。

（1）创建矢量层。

首先打开 ERDAS IMAGINE 9.1 二维视窗，并在其中加载与 VirtualGIS. vwp 虚拟 GIS 工程相同的图像文件（XS _ truecolor _ sub. img）；然后建立一个新的矢量图形文件，并在其中绘制若干图形要素，如道路、街区等，具体操作过程如下。

① 在 ERDAS IMAGINE 主菜单，选择 File | New | Vector Layer 命令，打开 Create a New Vector Layer 对话框（图 11.32）。设置创建图像名称为 D：\ Chp11 \

tutor \ virtualvector，点击 OK 按钮，关闭 Create a New Vector Layer 对话框。

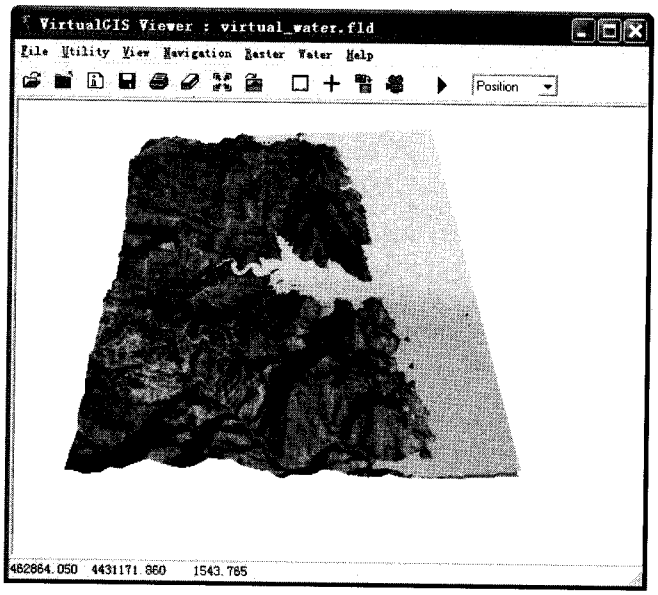


图 11.31　调整填充模式与填充颜色后的洪水区域

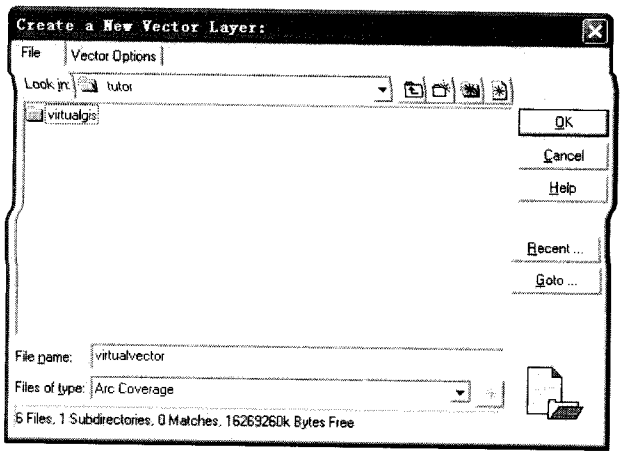


图 11.32　Create a New Vector Layer 对话框

② 打开 New Arc Coverage Layer Option 对话框，选择矢量文件精度（New Coverage Precision）：Single Precision（单精度）或 Double Precision（双精度）（图 11.33）。

③ 单击 OK 按钮，关闭 New Arc Coverage Layer Option 对话框，生成矢量文件。生成的矢量文件叠加在栅格图像文件之上，矢量工具面板自动弹出。

（2）编辑矢量层。

对于所生成的矢量文件，先设置线划符号类型，并使矢量文件处于可编辑状态，后

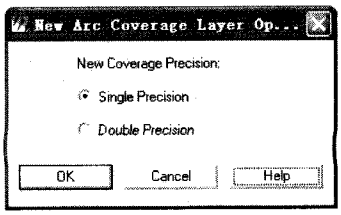


图 11.33　New Arc Coverage Layer Option 对话框

通过目视解译的方法，使用 ERDAS IMAGINE 9.1 矢量工具面板中的工具绘制如道路、街区等线划要素。绘制图形要素后的矢量文件及图形窗口，如图 11.34 所示。

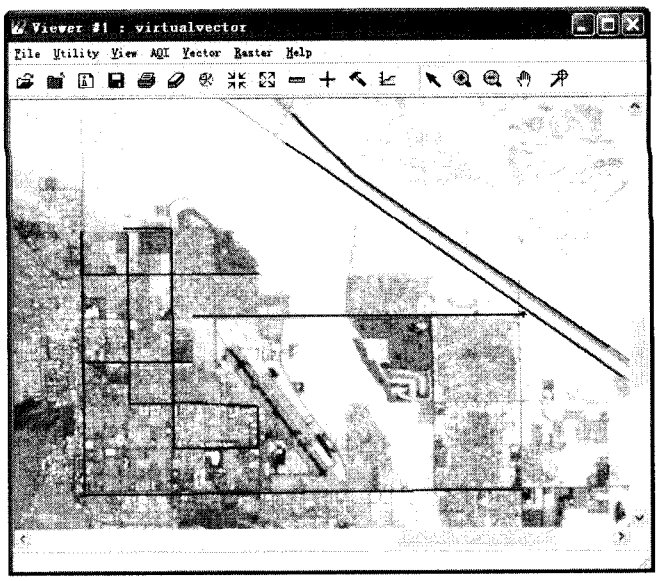


图 11.34　virtualvector 矢量图形窗口

（3）保存矢量层。

在 ERDAS IMAGINE 主菜单，选择 File | Save Top Layer 命令，保存当前上层文件。

（4）叠加矢量层。

在 VirtualGIS 视窗菜单，选择 File | Open | Vector Layer 命令，打开 Select Layer to Add 对话框，选择输入文件（File name）为 virtualvector，单击 OK 按钮，虚拟 GIS 视景中就叠加了矢量层。

矢量图形层叠加在虚拟 GIS 视景中以后，虚拟 GIS 视窗菜单条中增加 Vector 菜单。由于图形线划以缺省的黑色显示，不够明显，需要利用 Vector 菜单中的 Viewing Properties 工具调整线划显示符号。虚拟 GIS 视景矢量叠加显示，如图 11.35 所示。

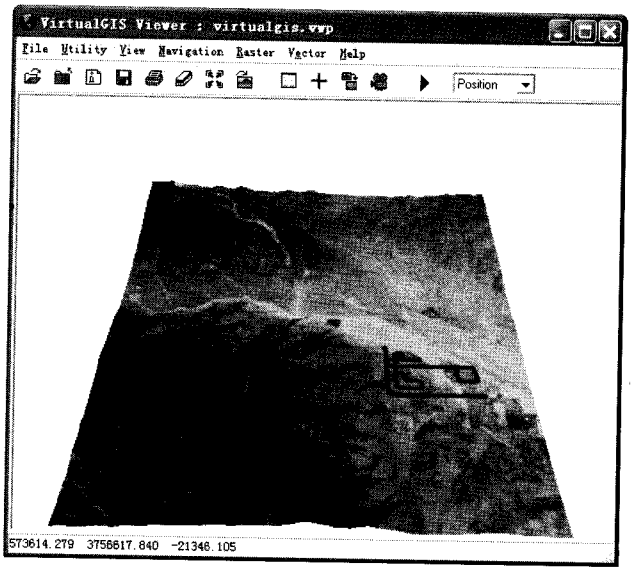


图 11.35 VirtualGIS 视景矢量叠加显示（修改背景色）

3）叠加文字注记

为了更清楚地表示三维景观的属性信息，可添加注记。注记数据层是 ERDAS IMAGINE 9.1 软件除栅格数据层、矢量数据层和 AOI 数据层以外的第四种数据类型，往往是作为栅格数据层和矢量数据层的附加数据层叠加在上面，用于标志和说明主要特征或重点区域。注记数据层是注记要素的集合，注记要素不仅包括说明文字，而且包括许多图形和地图符号。

类似于矢量图形层的叠加，注记层也应该与栅格图像层具有相同的地理参考体系，且 ERDAS IMAGINE VirtualGIS 也没有提供生成注记层的功能，所以，在虚拟 GIS 视景中叠加注记层之前，需要在二维视窗中产生一个新的注记层。

（1）创建注记层。

首先打开 ERDAS IMAGINE 二维视窗（Viewer），并在其中加载与 Virtualgis. vwp 虚拟 GIS 工程相同的图像文件（XS _ truecolor _ sub. img），然后建立一个新的注记文件，并在其中放置注记要素，如城市名称、区域名称等，具体操作过程如下。

选择 File | New | Annotation Layer 命令，打开 Annotation Layer 对话框（图 11.36），选择创建层名称（File name）为 D: \ Chp11 \ tutor \ virtualannotat. ovr。

（2）放置注记要素。

打开注记工具面板（Annotation Tools），选择合适的工具，完成注记放置操作。具体操作如下：选择 Annotation | Tools 命令，打开 Annotation 工具面板。

① 点击 Create Text Annotation 图标 **A**。

② 在二维视窗中城市区域点击左键，确定放置第一个注记的位置，打开 Annotation Text 对话框（图 11.37）。

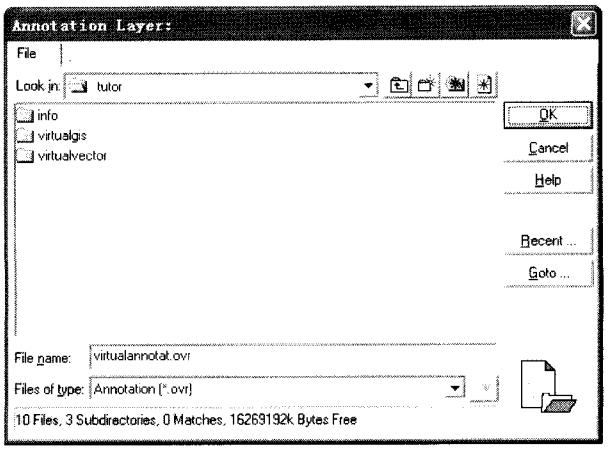


图 11.36　Annotation Layer 对话框

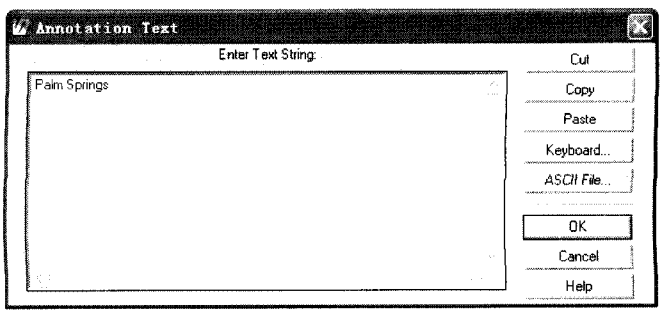


图 11.37　Annotation Text 对话框（输入第一个注记之后）

③ 在 Enter Text String 区域输入文字注记：Palm Springs。

④ 单击 OK 按钮，关闭 Annotation Text 对话框，放置第一个注记。

重复执行上述操作，放置第二个文字注记：San Bernardino National Forest。

(3) 改变注记属性。

点击选择刚才放置的第一个注记文字，选择 Annotation | Styles 命令，打开 Styles for Virtualannotation 对话框（图 11.38）。对注记字体、大小、颜色、单位等参数设置（图 11.39）。单击 Apply 按钮，应用上述注记参数设置。

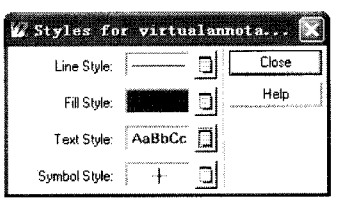


图 11.38　Styles for Virtualannotation 对话框

采用同样的操作过程，可以改变第二个注记的字体（Galaxy）、大小（2000）、颜色（黄色）等属性。

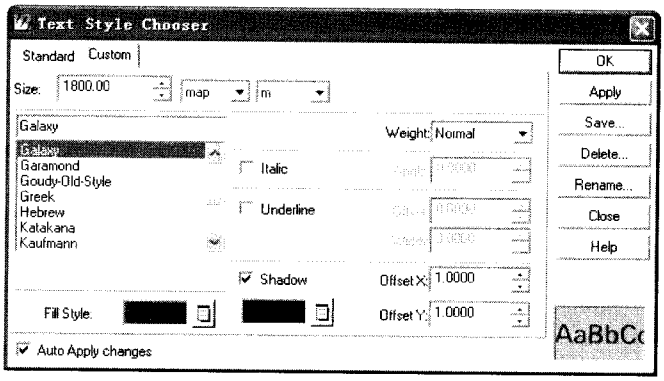


图 11.39　Text Style Chooser 对话框

说明：通过第二步到第三步的操作，可以在注记文件中放置更多的注记要素。需要特别注意的是，退出和保存注记文件之前，必须将注记文件的单位（Unit）改为地图单位（Map），否则将保持图纸单位（Paper），无法与 DEM 叠加。

（4）保存注记层。

选择 File | Save Top Layer 命令，保存当前上层文件。

（5）叠加注记层。

在 VirtualGIS 视窗菜单，选择 File | Open | Annotation Layer 命令，打开 Select Layer to Add 对话框。

① 在 File 选项卡中选择输入图层为 virtualannotat. ovr。

② 在 Annotation Options 选项卡，设置注记层叠加显示参数（图 11.40）。

Drape Ploygons/Polylines 表示仅将注记层叠加在地形表面；Extend Vertically 表示将注记当做三维立体多边形显示，此选项需进一步设置放置高度。

在选择计算新的注记叠加文件：Compute a New Drape File 时，需要确定注记叠加文件的名称：virtualannotat _ ovr. drp。

③ 单击 OK 按钮，关闭对话框，虚拟 GIS 视景中叠加注记层。

在虚拟 GIS 三维视景中叠加了注记层之后，虚拟 GIS 视窗菜单条中便增加了 Annotation 菜单，文字注记也以立体的方式显示在虚拟 GIS 三维视景中（图 11.41）。

4）叠加雾气层

VirtualGIS 的雾气分析功能，为用户提供了一种模拟近地面薄雾与地形上方浓雾的实现途径，实质上就是借助于一系列不同透明度的层的组合，形成类似于雾气密度的模拟雾层，层数越多，模拟的雾层越逼真。一旦建立了雾气层（Mist Layer），VirtualGIS 菜单条中就增加了一个 Mist 菜单，借助于 Mist 菜单，可以继续调整雾层的诸多显示特性（Properties），如颜色（Color）、浓度（Density）、层数（Layers）和海拔高度（Elevation）等。下面将详细介绍如何在 VirtualGIS 工程中建立与操作模拟雾气。

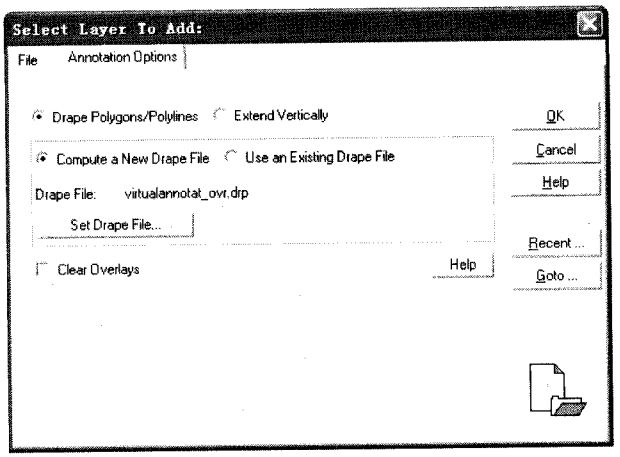


图 11.40　Select Layer To Add 对话框



图 11.41　VirtualGIS 视景注记叠加显示

（1）创建 VirtualGIS 工程。

依次打开 DEM 文件：DEMmerge _ sub. img 和图像文件：XS _ truecolor _ sub. img。

（2）叠加模拟雾气层。

① 创建模拟雾气层。

选择 File | New | Mist Layer 命令，打开 Create Mist layer 对话框（图 11.42）。选择保存文件（File name）为 D：\Chp11\tutor\mist. fog。

单击 OK 按钮，关闭 Create Mist Layer 对话框，创建模拟雾层。此时对话框菜单条中增加 Mist 菜单

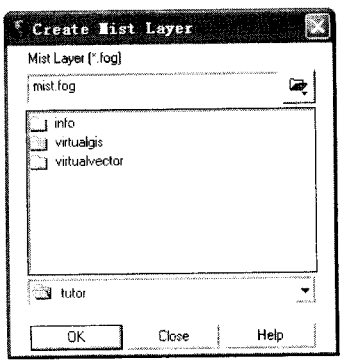


图 11.42　Create Mist Layer 对话框

项，VirtualGIS 视景中已经增加了雾气层（图 11.43）。

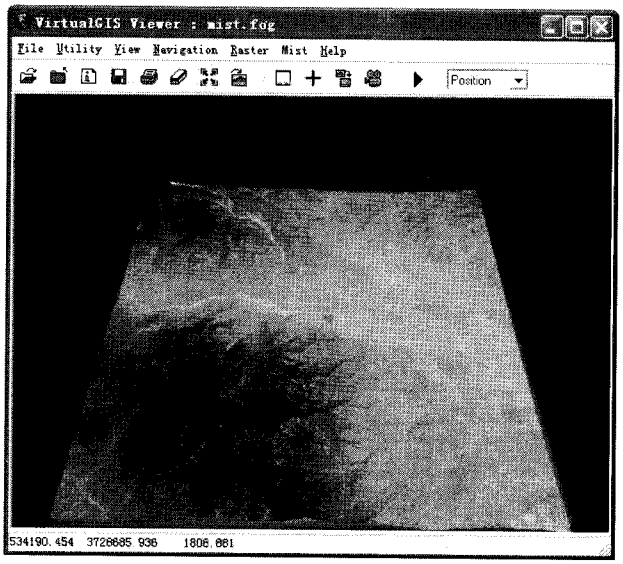


图 11.43　VirtualGIS 窗口（叠加雾气层）

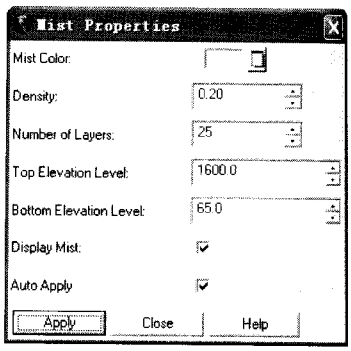


图 11.44　Mist Properties 对话框

② 调整模拟雾气层。

选择 Mist | Mist Properties 命令，打开 Mist Properties 对话框，按照图 11.44 进行设置。点击 Apply 按钮，实现设置。

雾气层的浓度（Density）中所设置的值越大，雾气越浓。

雾气层数量（Number of Layers）中所设置的值越大，模拟的雾气越逼真。一般来说取值 20～25 就足以模拟比较逼真的雾气。

VirtualGIS 视景中显示调整后的雾气层（图 11.45）。

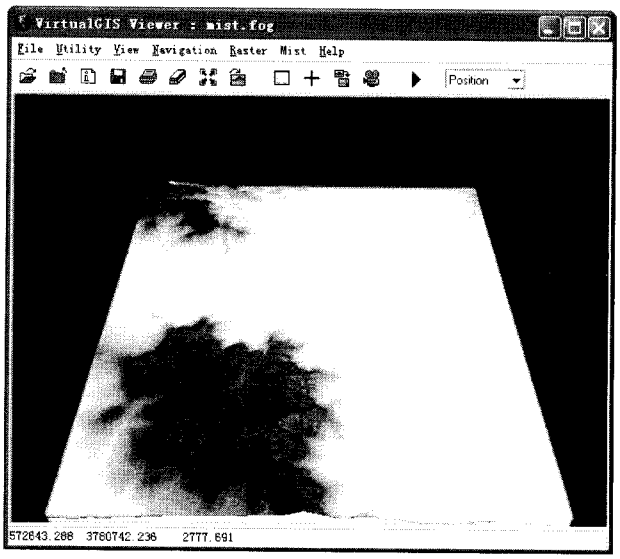


图 11.45　VirtualGIS 窗口（调整雾气层）

11.3 虚拟 GIS 导航

在虚拟 GIS 环境中，用户可以选择系统提供的多种导航模式，在三维空间中进行虚拟导航，体验三维景观的空间变化。虚拟 GIS 导航是以虚拟 GIS 工程文件为基础的，用户如果前面按照本书的内容完成了相应的练习，那么已经建立了虚拟 GIS 工程文件以及相应的矢量图形层、文字注记层，在开始下面的虚拟 GIS 导航之前，请打开（如果还没做，请新建）虚拟 GIS 工程文件：virtualgis. vwp，并叠加矢量层 virtualvector 和文字注记层 virtualannotat. ovr。

11.3.1 设置导航模式

VirtualGIS 有五种不同的导航模式，分别是定位导航（Position）、目标导航（Target）、控制板导航（Dashboard）、地形导航（Terrain）、选择导航（Selection）、鸟瞰导航（Birds Eye）以及操作杆导航（Joystick）；在 VirtualGIS 视窗菜单条中、工具条中或快捷菜单中都可以进行不同模式转换。其中操作杆导航需要有操纵杆，鸟瞰导航和目标导航的操作相同，因此这里只介绍前五种导航。

1）定位导航模式

定位导航模式是从一个固定的位置出发漫游虚拟三维视景，在这个模式中，倾角和方位角是可以调整的。使用左键可以改变视景的方向和实现漫游；使用中键可以向前移动或向后移动，达到放大或缩小的目的；按住 shift 键，并按住左键或者中键可以漫游视景；单击工具条中的停止按钮即可停止运动。

2）目标导航模式

目标导航模式通过选择一定目标（Target），使三维视景朝着目标方向漫游。第一次选择该模式时，VirtualGIS 视窗的中心点就是目标，只要在三维视景的地形表面双击鼠标，便可以重新确定目标；使用左键可使三维视景绕目标点旋转，使用中键可以远离或接近所选择的目标，释放鼠标，停止漫游。

3）控制板导航模式

该模式提供了一个在视景中航行的简单界面——控制板，利用操纵杆（Joystick）控制飞行角度（Flight）和观测角度（View）来控制观测者的倾角、位置及方位角。

4）地形导航模式

该模式可以让操作者在虚拟 GIS 三维视景的地形表面运动，犹如驾驶汽车在地面上行驶，使用左键改变观测方向或在视景中漫游，使用中键向前或向后运动。

5）选择导航模式

该模式用于查询视景信息，如果要在矢量层、注记层及栅格数据中进行空间查询，必须使用该模式；如果启动了查询光标（Inquire Cursor），就自动打开了选择模式（Select Mode）。

11.3.2 虚拟 GIS 漫游

在上述五种导航模式中，前四种导航模式都支持虚拟 GIS 漫游，在三维空间中体验三维景观的空间变化，其中定位导航、目标导航和地形导航，都可以借助虚拟 GIS 视窗工具条中的三维漫游控制键启动和停止漫游，而控制板导航模式则完全可以通过控制板上的操纵杆进行三维漫游操作。

1）定位导航模式

选择 Set Navigation Mode 图标 | Position 模式。

按住左键移动鼠标可以在三维视景中任意漫游；按住中键前后移动鼠标可以逐步放大或缩小三维视景。

点击 VirtualGIS 视窗工具条中 ▶ 的（Start Motion）按钮，启动漫游；点击 VirtualGIS 视窗工具条中的 ■（Stop Motion）按钮，停止漫游。

2）目标导航模式

选择 Set Navigation Mode 图标 | Target 模式。

在三维视景中任意点双击左键确定导航目标点，按住左键移动鼠标可以在三维视景中围绕目标点任意漫游；按住中键前后移动鼠标可实现以目标点为中心逐步放大或缩小三维视景。

点击 VirtualGIS 视窗工具条中的 ▶（Start Motion）按钮，启动漫游；点击 VirtualGIS 视窗工具条中的 ■（Stop Motion）按钮，停止漫游。

3）控制板导航模式

选择 Set Navigation Mode 图标 | Dashboard 模式，打开 VirtualGIS Dashboard 对话框（图 11.46）。

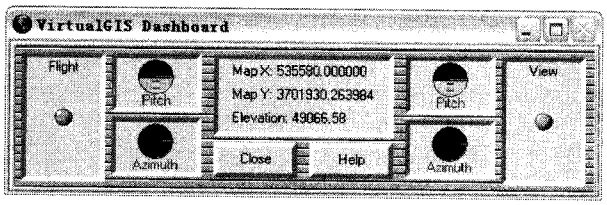


图 11.46 VirtualGIS Dashboard 对话框

左键任意拖动 Flight 游戏杆，向前漫游，在 Windows 操作系统下，左键拖动游戏杆的同时按住“Ctrl 键”或使用中键可以实现翻转；在 UNIX 操作系统下，使用中键实现翻转（控制板上实时显示俯视角 Pitch 和方位角 Azimuth）。

左键任意拖动 View 游戏杆，操作方法类似，但在 UNIX 操作系统下，使用中键不再具有翻转功能（控制板上实时显示俯视角 Pitch 和方位角 Azimuth）。

单击 Close 按钮（关闭控制板，退出控制板导航模式）。

4）地形导航模式

选择 Set Navigation Mode 图标 | Terrain 模式，三维视景自动漫游到地形导航模式状态（图 11.47）

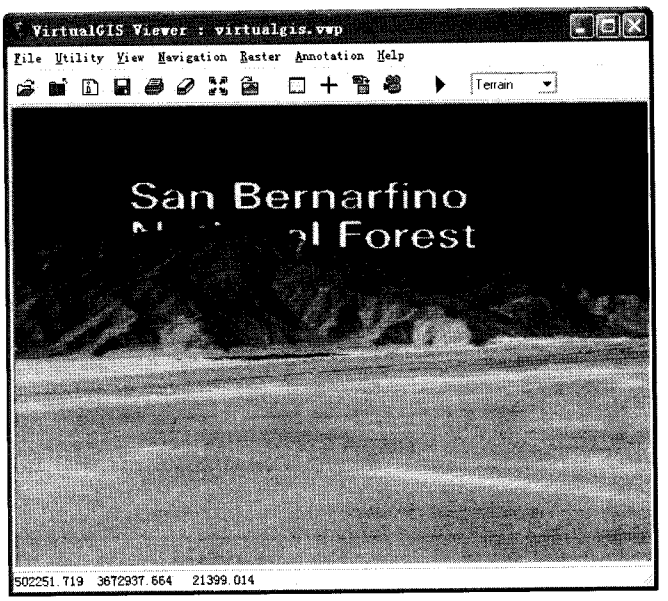


图 11.47　地形导航模式三维视景

按住左键移动鼠标可以在三维视景中任意漫游；按住中键前后移动鼠标可以逐步放大或缩小三维视景。

点击 VirtualGIS 视窗工具条中的 ▶（Start Motion）按钮启动漫游；点击 VirtualGIS 视窗工具条中的 ■（Stop Motion）按钮停止漫游。

11.4　虚拟 GIS 飞行

在虚拟 GIS 环境中，用户可以根据需要定义飞行路线，然后沿着确定的路线在虚拟三维环境中飞行。类似于虚拟 GIS 导航，虚拟 GIS 飞行也是以虚拟 GIS 工程为基础，所以，首先需要打开虚拟 GIS 工程文件 virtualgis. vwp。

1）定义飞行路线

可以通过多种方式定义飞行路线：可以在 VirtualGIS 三维视窗中记录观测点位置（Record Position），形成飞行路线；也可以在 ERDAS IMAGINE 9.1 二维视窗中数字化一条曲线（Polyline）作为飞行路线；也可以直接设置沿飞行路线上每个点的三维坐标来确定飞行路线。比较常用的是使用 Flight Path Editor 在二维视窗数字化飞行曲线，产生、编辑、保存、应用飞行路线、设置飞行参数，并执行飞行操作，控制飞行的开始与结束，下面将对此方法进行简单的介绍。

（1）打开二维全景视窗。

点击 （Show Data Layer in IMAGINE Viewer）按钮，自动打开二维全景视窗（包含虚拟 GIS 视窗中的全部内容）。

（2）打开飞行路线编辑器。

选择 Navigation | Flight Path Editor 命令，打开 Flight Path Editor 对话框（图 11.48）。

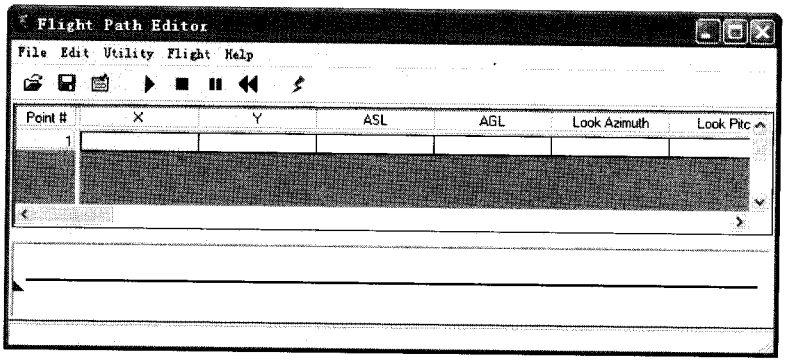


图 11.48 Flight Path Editor 对话框

借助飞行路线编辑器对话框，用户可以在一个在虚拟 GIS 视景中产生、编辑、保存、显示飞行路线，设置飞行参数，并执行飞行操作。飞行路线编辑器由菜单条、工具条、飞行路线数据表格、飞行路线图形窗口、状态条等五个部分组成。飞行路线编辑器集成了有关虚拟 GIS 飞行的多种命令菜单和操作工具，具体的命令和工具及其功能如表 11.2 和表 11.3 所示。

表 11.2 VirtualGIS 飞行路线编辑器菜单命令与功能

命令		功能
File	Save As	保存新编辑的飞行路线文件
	Load Flight Path	向 VirtualGIS 加载飞行路线文件
	Load Position File	向 VirtualGIS 加载位置记录文件
	Close 按钮	关闭 VirtualGIS 飞行路线编辑器
Edit	Apply 按钮	应用飞行路线编辑操作
	Undo Edits	取消对飞行路线的编辑

续表

命令		功能
	Use Spline	平滑飞行路线
	Raster Look Direction	将所有点的俯视角和方位角设为 0
	Set Elevation	设置飞行路线的高程
	Calculate Roll Angles	计算飞行旋转角度
	Set Focal Point	设置飞行路线的聚焦点
	Add Current Position	将当前的位置加载到飞行路线中
	Delete Selected Position	删除飞行路线上被选择的位置点
	Clear All Points	删除飞行路线中所有的位置点
Utility	Digitize Flight Path	在二维窗口中数字化飞行路线
	Digitize Flight Path with Tablet	根据表盘数字化飞行路线
	Flight Path From Selected Vectors	根据选定的载体数字化飞行路线
	Flight Path From Free Flight	数字化飞翔路线
	Reverse Flight Path Point	逆向飞行路径点
	Flight Line Properties	编辑二维及三维窗口中飞行路线的特性
Flight	Start Flight	开始飞行
	Stop Flight	停止飞行
	Pause Flight	暂停飞行
	Reset Flight	使观测者回到初始位置
	Set Flight Mode	设置飞行模式
	Loop	循环飞行模式
	Swing	来回飞行模式
	Stop at End	一次飞行模式
	Use Flight Path Speed	使用飞行路线编辑器中设置的飞行速度
	Updata Flight Path Graphic	以图形方式实时显示飞行路线位置
Help	Help For Flight Path Editor	关于飞行路线编辑器的联机帮助

表 11.3　VirtualGIS 飞行路线编辑器工具图标与功能

图标	命令	功能
	Open Flight Path	向VirtualGIS加载飞行路线文件
	Save Flight Path	保存新编辑的飞行路线文件
	Digital Flight Path	在二维窗口中数字化飞行路线
	Start Flight	开始飞行
	Stop Flight	停止飞行
	Pause Flight	暂停飞行
	Reset to Beginning of Flight Path	使观测者回到初始位置
	Apply按钮	应用飞行路线编辑操作

(3) 数字化飞行路线。

① 选择 Digitizer Flight Path 按钮，打开 Viewer Selection Instructions 指示器（图 11.49）。

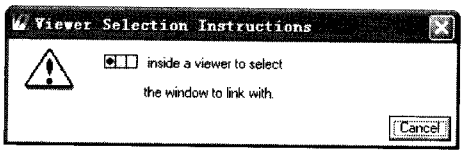


图 11.49 Viewer Selection Instructions 指示器

② 在第一步打开的二维视窗中单击左键，指示数字化飞行路线的视窗，在视窗中合适的位置依次单击左键定义飞行路线上的若干点，双击左键或单击中键结束飞行路线定义（图 11.50）。

③ 飞行路线上各点的三维坐标显示在“飞行路线数据表格”中（注：表格中最初的 ASL 值显示虚拟 GIS 三维窗口中 DEM 的最大高程值）。

④ 单击 Apply 按钮，飞行路线上各点的序列号将标注在“飞行路线图形窗口”（图 11.51）。

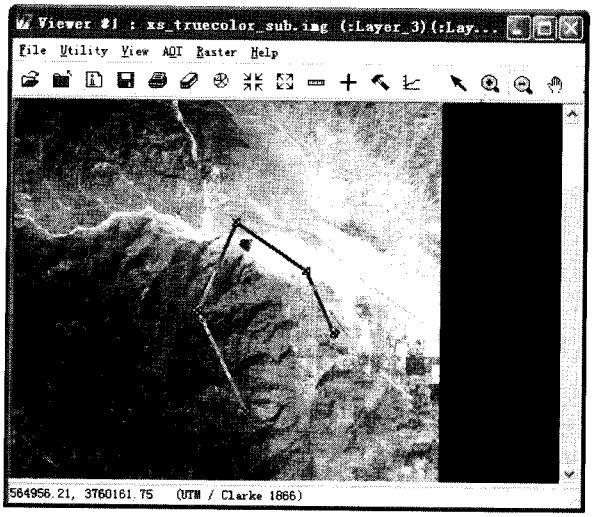


图 11.50 二维窗口中定义飞行路线

(4) 保存飞行路线文件。

可以将所定义的飞行路线保存在文件中，以便下次三维飞行操作时直接加载。

选择 Save Flight Path 按钮，打开 Save Flight Path 对话框（图 11.52），选择保存文件（Flight Path File）为 D: \ Chp11 \ Tutor \ virtual _ flight（为了使视觉效果更好，本实验将场景中 DEM 高程变异系数设为 3）。

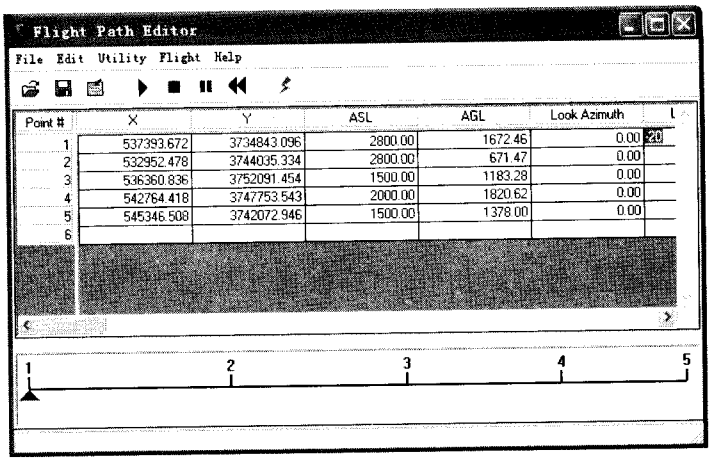


图 11.51　Flight Path Editor（定义了飞行路线之后）

2）编辑飞行路线

前面所定义的飞行路线已经包含了一些缺省的或者是在 Position Editor 中所定义的一些观测者的空间特性，在此基础上直接进行飞行操作是可以的。然而，为了使虚拟 GIS 的三维空间飞行更符合用户的需要，还需要对飞行路线进行一定的编辑。



图 11.52　Save Flight Path 对话框

（1）设置飞行路线高度。

在定义飞行路线过程中，各点的三维坐标已经包含飞行路线的高程（ASL）。不过，在飞行路线定义之后，用户还可以根据需要重新设置飞行路线高度，可以是一个统一的高度，也可以是一组变化的高度。

选择 Edit | Set Elevation 命令，打开 Flight Path Elevation 对话框（图 11.53），对飞行路线高度参数进行设置。

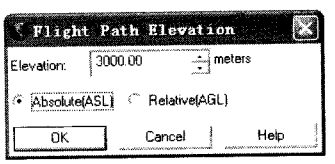


图 11.53　Flight Path Elevation 对话框

说明：可以通过上述步骤给飞行路线设置一个固定的高度，也可以直接更改 Flight Path Editor 中的数据项值，使飞行路线上的各点具有不同的绝对高程（ASL）或相对高程（AGL），单位和所用的 DEM 的单位一致。

（2）设置飞行路线特性。

上述过程中所定义的飞行路线目前还只是显示在二维视窗和飞行路线编辑器中，下

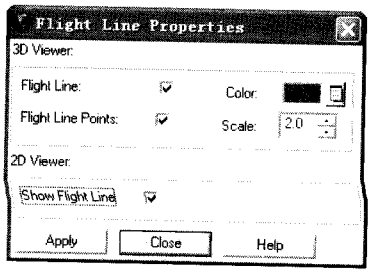


图 11.54　Flight Line Properties 对话框

面的飞行路线编辑操作，将要使飞行路线按照用户所设置的特性显示在 VirtualGIS 三维窗口中。

选择 Utility | Flight Line Properties 命令，打开 Flight Line Properties 对话框（图 11.54），进行设置。

注意：显示三维窗口中飞行路线和飞行路线上的点，便于对飞行高度、角度等进行设置（图 11.55）。在实际进行飞行时，为了更清楚地显示效果，可以设置不再显示飞行路线及其上的点。

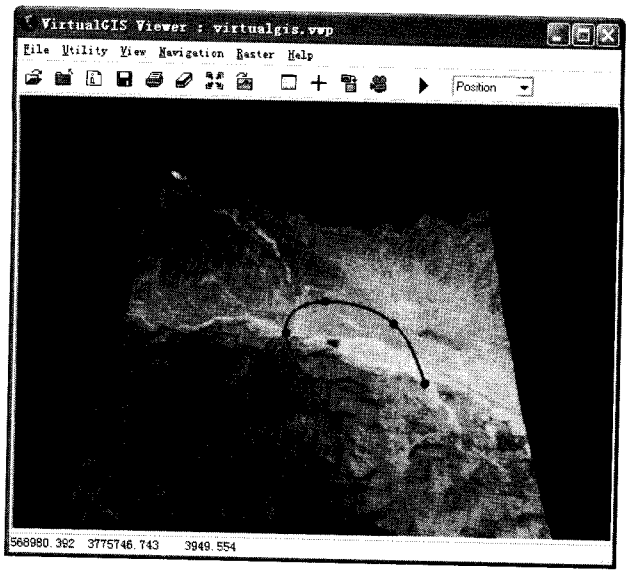


图 11.55　VirtualGIS 三维窗口中显示飞行路线

（3）设定飞行模式。

① 在开始虚拟 GIS 三维飞行之前，可以根据需要设定飞行模式。

② 选择 Flight | Set Flight Mode 命令，选择 Swing（Loop/Stop at End）命令（三种飞行模式的功能如表 11.2 所示）。

点击 Apply 按钮，应用模式设定。

（4）保存工程。

保存含有飞行路线的工程文件，选择保存文件（File name）为 D:\Chp11\Tutor\virtualflight.vwp。

3）执行飞行操作

（1）单击 Start Flight 按钮，开始飞行。

三维飞行过程中，飞行路线编辑器中的飞行路线图形窗口将同步显示当前的空间位置。

（2）单击 Stop Flight 按钮，停止飞行。

11.5 三维动画制作

使用动画效果，可以使场景栩栩如生，能够通过视角、场景属性、地理位置以及时间的变化来观察对象。例如，可以创建一个动画来模拟“嫦娥一号”月球探测卫星的“奔月”过程，也可以动画模拟地球表面接收太阳辐射的变化状况。

三维动画的制作有两种途径：一种是应用三维动画工具（Create Movie）将包含飞行路线的虚拟 GIS 工程，自动转换为沿着飞行路线运动的一段三维动画；另一种是在虚拟 GIS 视窗中，借助菜单命令（Movie）和工具图标（Recording），在实时的三维飞行或漫游操作过程中直接记录画面形成三维动画。三维动画文件是在后台产生的，并不在视窗中显示。当然，要在 IMAGINE VirtualGIS 中产生一段三维动画，视窗中的显示窗口（windows）必须没有任何障碍，所有正在运行的进程应该暂时中断，直到三维动画制作过程结束。

下面的练习将在前面所建立的包含飞行路径的虚拟 GIS 工程文件 virtualflight. vwp 的基础上进行，如果您没有完成前面的练习，则需要重新生成含有飞行路线的虚拟 GIS 工程文件。

11.5.1 三维飞行记录

首先进入虚拟 GIS 视窗，并打开包含飞行路径的虚拟 GIS 工程文件（virtual flight. vwp），然后执行下列操作。

1）*启动飞行记录进程*

选择 File | Movie | Start Recording 命令，打开 Select Output Movie File 对话框（图 11.56）。

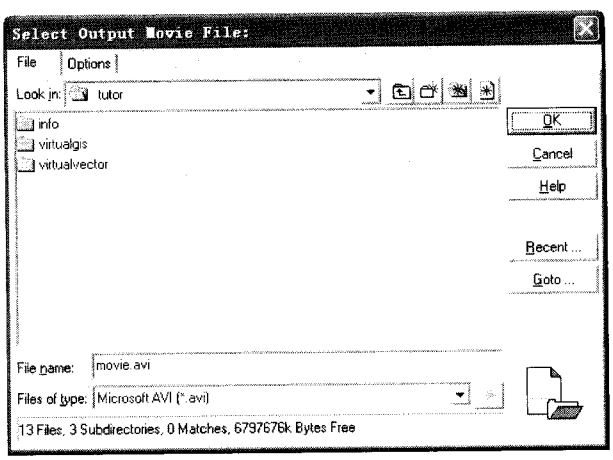


图 11.56 Select Output Movie File 对话框

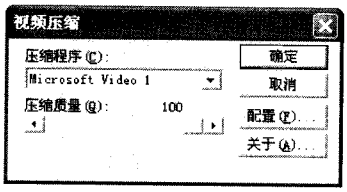


图 11.57 【视频压缩】对话框

(1) 在 File 选项卡中，选择动画文件类型（Files of type）为 Microsoft AVI（*.avi），选择动画文件名称（File name）为 movie.avi。

(2) 在 Options 选项卡中，选择在整个飞行路线上记录动画（Entire Flight Path）。

(3) 单击 OK 按钮，应用飞行记录参数设置。

(4) 在自动弹出的【视频压缩】对话框（图 11.57）中，选择视频压缩程序：Microsoft Video 1，确定视频压缩质量：100%。

(5) 单击【确定】按钮，应用视频压缩参数设置，启动飞行记录进程。

2) 执行三维飞行操作

飞行记录进程一旦启动，随后的所有三维飞行或漫游操作都将记录在三维动画文件中，直到结束飞行记录进程为止。下面通过执行飞行操作来记录三维动画。

单击 Start Flight ▶ 按钮，开始飞行。在三维飞行过程中，飞行记录进程同时记录画面生成三维动画文件。

单击 Stop Flight ■ 按钮，停止飞行。飞行操作虽然结束，但飞行记录进程依然处于动画生成状态。

3) 结束飞行记录进程

选择 File | Movie | Stop Recording 命令，结束飞行记录进程。

飞行记录进程结束，三维动画文件生成，可以脱离 ERDAS IMAGINE 9.1 软件环境，借助多种通用的 Microsoft 媒体播放器播放。

11.5.2 三维动画工具

如果虚拟 GIS 工程中包含了飞行路线，例如，前面保存的 virtualflight.vwp 工程文件就包含了飞行路线，那么应用三维动画工具可以直接制作三维动画，动画中的三维视景完全按照飞行路线拍摄，而动画的幅面则在动画工具中定义。

在 ERDAS IMAGINE 主窗口，选择 VirtualGIS 图标 | Create Movie 命令，打开 Create Movie 对话框，如图 11.58 所示进行设置，单击 OK 按钮，执行三维动画制作。

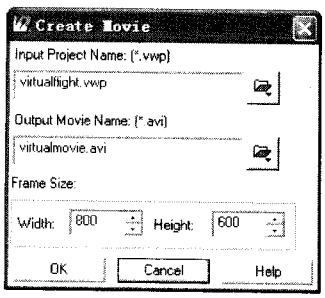


图 11.58 Create Movie 对话框

说明：在 Create Movie 对话框中输入的虚拟 GIS 工程文件中必须包含有飞行路线，否则，三维动画工具无法自动执行动画制作；系统提供的三维动画输出格式有三种，分别是 *.mov、*.avi、*.yuv，用户可以根据需要自行选择。但该方法存在无法控制飞行速度、无法对飞行姿态进行设定等缺点。

11.6 空间视域分析

空间视域分析（Spatial Viewshed Analysis）是通过叠加互视分析层实现的，是对不同观测点与观测范围之间的相互通视关系的分析。可以让用户通过在二维视窗中定义观测者的位置，来确定观测者在 DEM 上的可视范围。观测者的高度（height）和视程（visible range）是可以调整的。空间视域分析是基于对象的地理位置和形态特征的空间数据分析技术，其目的在于提取和传输空间信息，该功能对于城市小区规划中建筑物高度及其通视性规划、通讯大厦及广播电视发射塔的设计、新型商业网点服务范围的分析等，都是非常有意义的。下面将对此功能进行简单的介绍。

视域分析结果有两种基本输出形式：视域输出结果只显示视域范围内可视或不可视范围的色码图；高程输出结果通过显示不可视区域高程变化的色码图反映观测者高度的变化情况。

11.6.1 视域分析数据准备

1）新建一个虚拟世界

在 ERDAS IMAGINE 主窗口，选择 VirtualGIS 图标 | Virtual World Editor 命令，打开 Open or Create a Virtual World 对话框（图 11.59）。

单击 New 按钮，打开 Select Name For New World 对话框（图 11.60），选择保存文件（File name）为 D:\Chp11\Tutor\vs_world。单击 OK 按钮，产生一个虚拟世界文件，并打开虚拟世界编辑器。

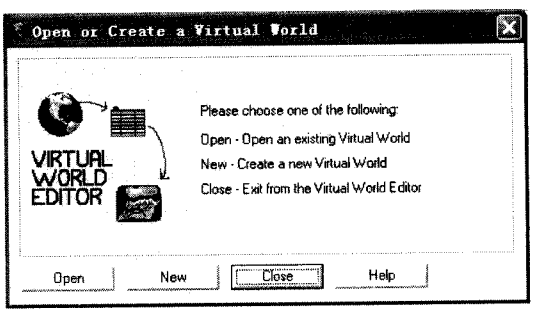


图 11.59 Open or Create a Virtual World 对话框

2）向虚拟世界加载 DEM 数据

（1）选择 Edit | Enable Editing 命令，使虚拟世界进入可编辑状态。

（2）单击 Add DEM Layer 按钮，打开 Select Layer to Add 对话框，选择文件类型（Files of type）为 IMAGINE Image（*.img），选择文件（File name）为Seattle_dem.img。

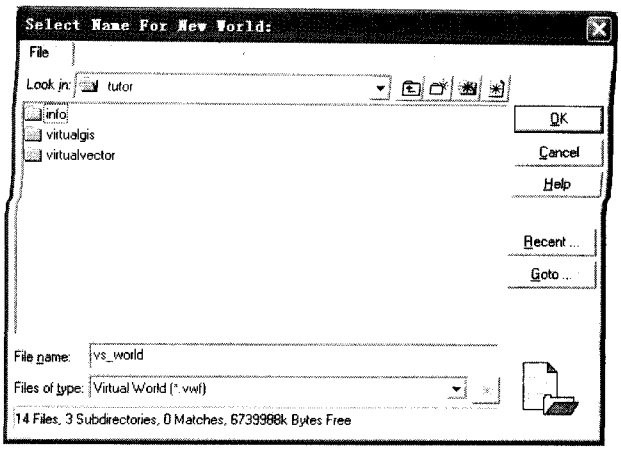


图 11.60　Select Name For New World 对话框

(3) 选择 Raster Option 选项卡，设置数据类型为 DEM，高程单位为 Meters (或 feet)。选择 Copy Source Data To World，向虚拟世界复制数据。

(4) 单击 OK 按钮，DEM 被加载到虚拟世界编辑器。

注：DEM 数据被加载到虚拟世界编辑器后，随即自动显示 DEMS 选项卡数据表，表中包括 DEM 数据层的名称、波段数、高程单位、等于 1m 或 1ft 的高程栅格数据，Copy 状态及文件详细目录情况。其中，DEM 波段数、高程单位级相当于 1m 或 1ft 高程栅格数据是可编辑的。

3) 建立虚拟世界的拓扑关系

选择 Process \ Build All 命令，系统自动建立拓扑关系，使 DEM 可以按多分辨率叠加显示。

从 DEM 属性表中可以看出 Computed Sectors 的属性值由 0 变为 1。

4) 虚拟 GIS 中显示虚拟世界

在 Virtual World Editor 中：

(1) 选择 Sector Contents 选项卡，系统自动显示分区信息数据表。

(2) 在表中 Entry # 列：选择 Seattle _ dem. img 数据层 (DEM)。

(3) 单击 Open Layers in VirtualGIS 按钮，系统打开 VirtualGIS 视窗，并显示多分辨率 DEM 数据层 (图 11.61)。

5) 调整三维显示详细程度

选择 View | Level of Detail Control 命令，打开 Level of Detail 对话框，分别调整 DEM 数据和栅格数据显示的详细程度。

6) 二维视窗中显示虚拟世界

单击 Load Displayed Data to 2D Viewer 按钮，打开显示 Seattle _ dem. img 的 ERDAS IMAGINE 二维视窗 (图 11.62)。

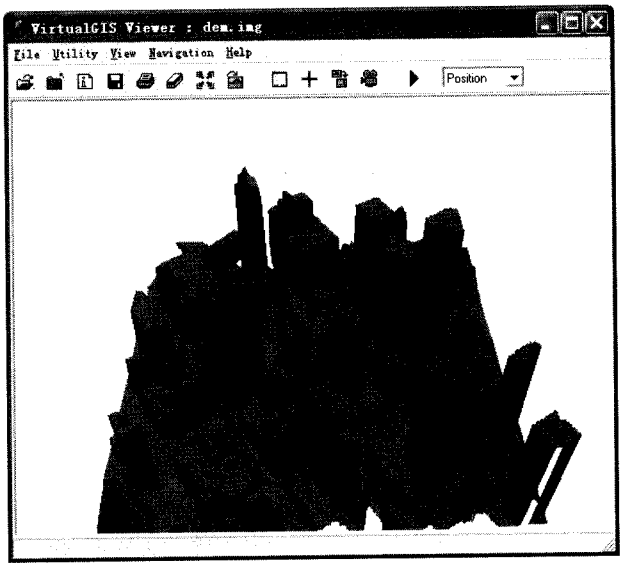


图 11.61　VirtualGIS 视窗中的虚拟世界（调整背景色之后）

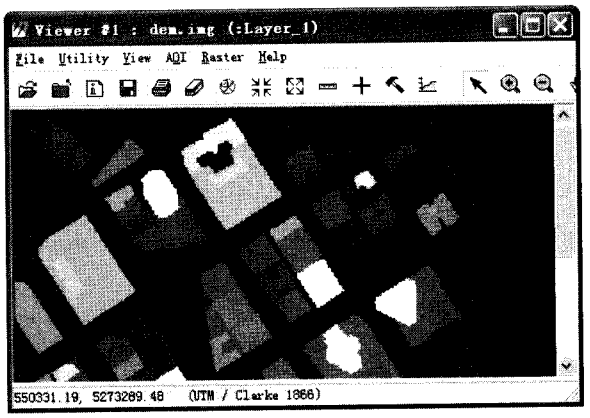


图 11.62　ERDAS IMAGINE 二维视窗的虚拟世界

11.6.2　生成多层视域数据

1）生成第一层视域数据

（1）在 ERDAS IMAGINE 主窗口，单击 VirtualGIS 图标 | Create Viewshed Layer 命令，打开 Viewer Selection Instructions 指示器（图 11.63）。

（2）在显示虚拟世界的二维视窗中点击左键，指示生成视域的视窗，打开 Viewshed 对话框（图 11.64）。

（3）在 Function 选项卡，选择输出类型（Output Type）为 Multiple Viewsheds。

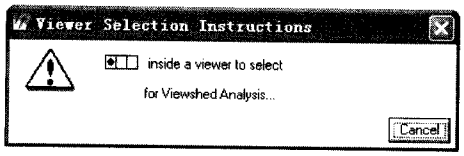


图 11.63　Viewer Selection Instructions 指示器

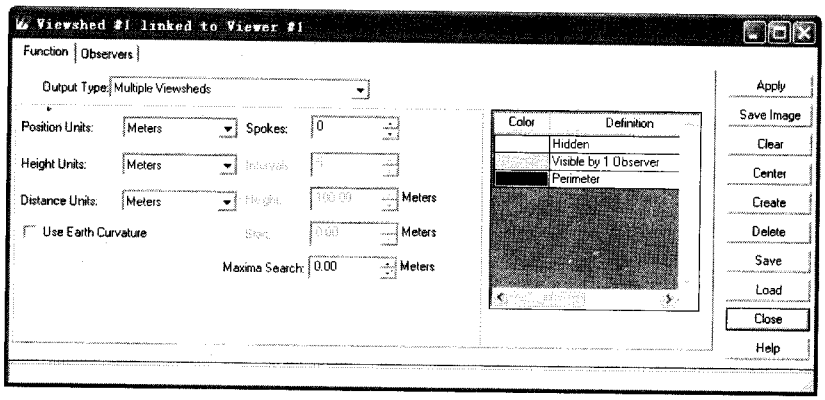


图 11.64　Viewshed 对话框（Function 选项卡）

注：如果不做此步操作，将无法显示多层视域数据。用户可以根据需要在右侧表格中对 Hidden、Visible by 1 Observer 等范围的颜色进行设置。

（4）在 Observers 选项卡，对观测者的位置和视域范围等参数进行设置。

2）生成第二层视域数据

在 Viewshed 窗口，利用 Creat 按钮，继续添加新的观测点，并生成新的视域层，在 Observers 选项卡中可以看到两个观测者的信息（图 11.65）。

先后两个视域层的通视性及其关系在二维视窗中的显示，如图 11.66 所示。

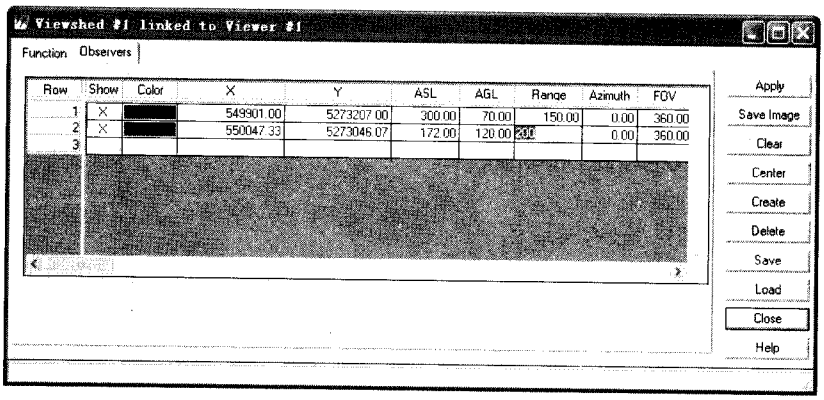


图 11.65　Viewshed 对话框（Observers 选项卡）

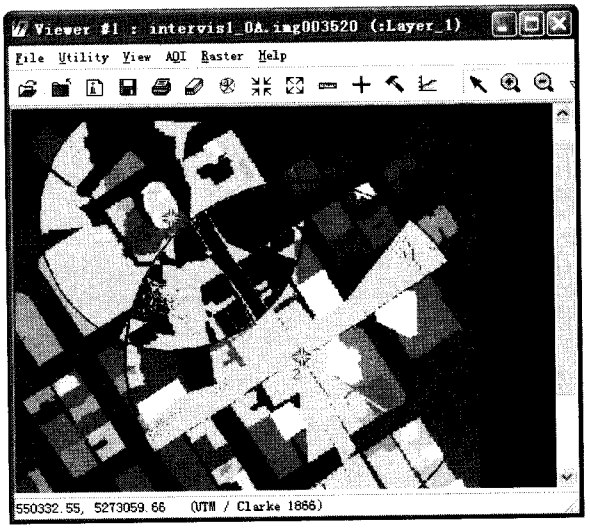


图 11.66　两个视域在二维窗口中的关系（局部）

在图 11.66 中，红色圆形范围线表示观测者的视域范围，视域范围内的深蓝色表示位于两个观测者视域范围内的建筑物；浅蓝色表示只能被其中一个观测者看到的建筑物；本底色（DEM 本身的颜色）区域表示观测者看不到的盲区。

3）视域分析三维显示

要在虚拟 GIS 三维视窗中显示视域，首先必须将三维视窗与二维视窗连接起来，然后按照两个观测点的关系相互显示其视域状况。

（1）选择 View | Link / Unlink Viewers 命令，打开 Viewer Selection Instructions 指示器（图 11.67）。

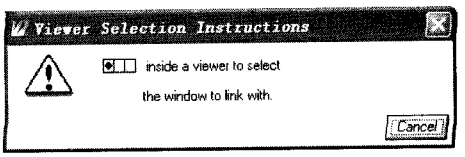


图 11.67　Viewer Selection Instructions 指示器

（2）在包含视域的二维视窗中点击左键，二维视窗与三维视窗建立连接，此时在二维视窗中出现定位工具（Postioning Tool），包括 Eye 和 Target。

（3）将 Eye 移动到第一个视域中心，同时用鼠标在二维视窗中拖动 Target，可以看到 VirtualGIS 窗口中将显示第一个视域范围内的三维景观；将 Eye 移动到第二个视域中心，拖动 Target，可看到三维窗口中发生相应的变化。

4）保存视域分析数据

在 Viewshed 对话框中，点击 Save 按钮，打开 Save Viewshed Image 对话框。选择

输出文件（File name）为 D：\ Chp11 \ Tutor \ vs _ tour. img。

单击 OK 按钮，关闭 Save Viewshed Image 对话框，保存视域图像文件。

11.6.3 虚拟世界视域分析

1）虚拟世界三维视域显示

本节将首先把二维视域分析图像加载到虚拟世界中，然后在虚拟 GIS 视窗中显示三维视域分析结果。在虚拟 GIS 三维视窗中，视域范围的颜色与二维视窗（图 11.66）意义相同。

（1）进入虚拟世界。

在 ERDAS IMAGINE 主窗口，选择 VirtualGIS 图标 | Virtual World Editor 按钮，打开 Open or Create a Virtual World 对话框（图 11.59）。

单击 Open 按钮，打开 Select World To Open 对话框，选择输入文件（File name）为 D：\ Chp11 \ Tutor \ vs _ world. vwf。单击 OK 按钮，进入虚拟世界 vs _ world. vwf，并打开虚拟世界编辑器。

（2）加载视域文件。

在 Virtual World Editor 菜单，选择 Edit | Enable Editing 命令，使虚拟世界进入可编辑状态。单击 Add Raster 按钮，打开 Select Layer to Add 对话框。

点击 Recent 按钮，打开 List of Recent Filenames 对话框（图 11.68），确定输入视域文件（File name）为 D：/Chp11 /Tutor/vs _ tour. img。

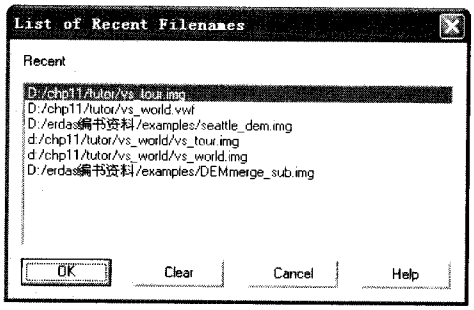


图 11.68 List of Recent Filenames 对话框

在 Raster Options 选项卡，设置数据显示类型为 Raster Overlay；数据显示方式（Display as）为 Pseudo Color（假彩色）；选择 Copy Source Data To World，向虚拟世界 Copy 数据。

（3）建立拓扑关系。

选择 Process | Build All Raster Overlay 命令，系统自动建立拓扑关系，将视域文件 vs _ tour. img 集成到虚拟世界 vs _ world. vwf 中，且 Raster 项目 Computed Pixelsize 的属性由 0 变为 1。

(4) 三维视域显示。

选择 Sector Coordinates 选项卡，系统自动显示分区坐标数据表。

① 在表中 Sector # 列：选择 Sector 0，0 的那行数据层（DEM Computed）（只有选择 DEM computed 一栏为 yes 的分区数据才可以在多分辨率的条件下显示）。

② 单击 Open Layers in VirtualGIS 按钮，系统打开 VirtualGIS 视窗，并显示 vs _ world. vwf 三维视域（图 11.69）。

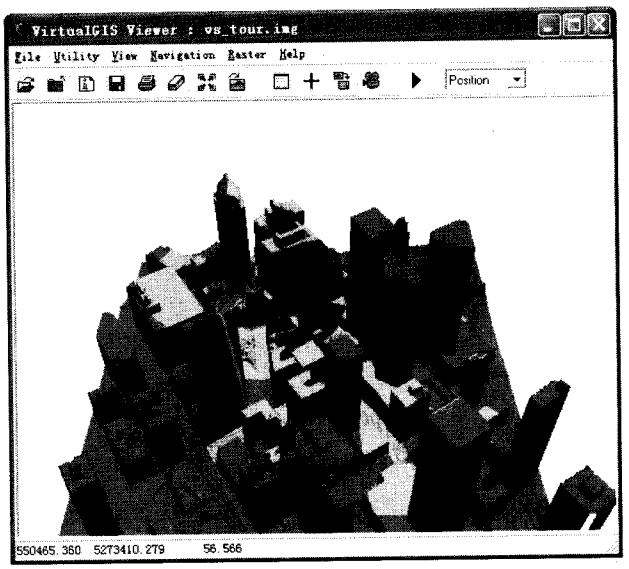


图 11.69 VirtualGIS 三维视域显示（调整特性后）

(5) 调整视景特性。

单击 Scene Properties 按钮，打开 Scene Properties 对话框，在 DEM 选项卡，选中 Always Render DEM 复选框，使 DEM 数据始终处于显示状态，最后的三维视景如图 11.69 所示。

2) 虚拟世界三维视域查询

本节将通过 Raster Attribute Editor（栅格属性编辑器）在虚拟世界中查询视域数据。

(1) 数据查询准备。

① 选择 Raster | Attributes 命令，打开 Raster Attributes Editor 对话框。

② 选择 Edit | Add Class Names 命令，Raster Attributes 中增加一个名为 Class Names 的数据项，在 Row1 行输入 Perimeter，Row2 行输入 Hidden Region，Row3 行输入 Visible by 1，Row4 行输入 Visible by 2。

③ 选择 Edit | Add Area Column 命令，打开 Add Area Column 对话框，对字段名和单位进行设置。

④ 单击 OK 按钮，Raster Attributes 中增加一个名为 Area 的数据项。

⑤ 选择 Edit | Column Properties 命令，打开 Column Properties 对话框，通过 Up/Down按钮调整 Column 栏目下属性字段的排列顺序，形成如图 11.70 所示的栅格数据属性表（视域分析数据表）。

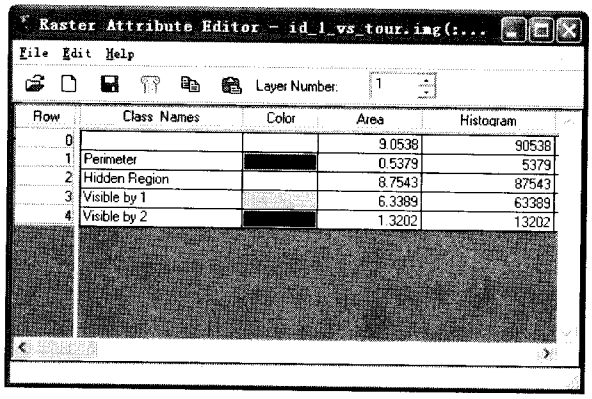


图 11.70　视域分析图像栅格数据属性表

⑥ 单击 OK 按钮，关闭 Column Properties 对话框。

⑦ 选择 File | Save 命令，保存对栅格属性表的编辑。

注：此时可方便地在视域分析图像栅格数据属性表中查看 VirtualGIS 视窗中所显示的视域的可视区域、遮挡区域、共同视域范围的面积大小和像元数及其三维显示颜色。

（2）三维视域查询。

① 选择 Utility | Inquire Cursor 命令，打开 VirtualGIS Viewer 查询框(图 11.71)，VirtualGIS 工具栏中的导航模式自动变为 Selection，同时视窗中出现“十字”查询光标（图 11.72）。

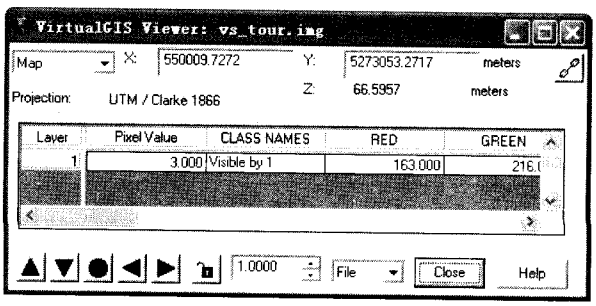


图 11.71　VirtualGIS Viewer 查询框

② 在 VirtualGIS 视窗中移动“十字”光标，视域信息就实时显示在查询框中（包括查询点的三维坐标、属性值、通视状况、显示颜色等信息）。

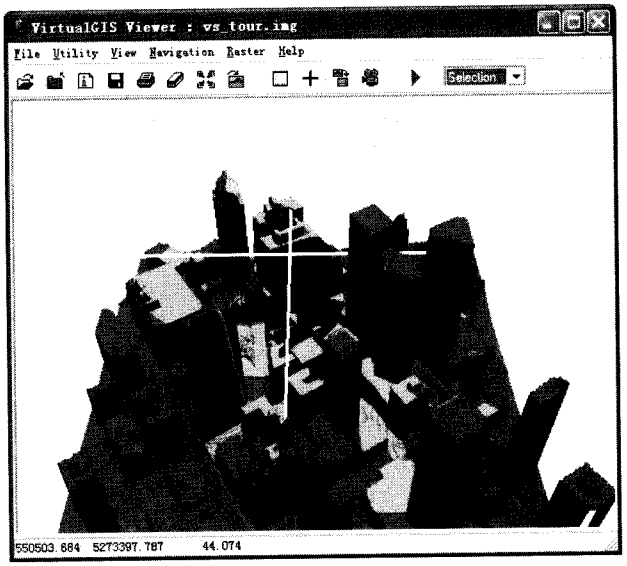


图 11.72　VirtualGIS 三维视域查询

11.7　实例与练习：三维场景制作

1）背景

随着科学技术的发展，使得人们对区域的研究从二维到三维成为可能，在获得某区域 DEM 数据和遥感图像数据的基础上，可以制作该地区的三维景观图，直观形象地展示该地区的景观。

2）目的

通过本实验，掌握地形三维显示的原理与方法、叠加三维模型、三维飞行动画的制作方法。

3）数据

DEM 数据：vgis _ 30 _ meter. img；图像数据：ortho. img、sky. img；矢量数据：va _ bldgs，数据均来自于 C：\ Program Files \ Leica Geosystems \ Geospatial Imaging 9.1 \ examples 中 ERDAS IMAGINE 9.1 自带的数据。

4）要求

（1）利用所给数据叠加城市三维建筑物模型。
（2）在二维视窗中数字化飞行路线，制作三维飞行动画。

5）实验步骤

（1）创建 VirtualGIS 工程。

① 打开 DEM 文件为 vgis _ 30 _ meter. img。

② 打开图像文件为 ortho. img，并切换到 Raster Option 选项卡。

在 Raster Option 选项卡，设置文件类型为 Raster Overlay；设置图像以真彩色显示：True color，且彩色显示波段：Red：1 /Green：2 / Blue：3；设置图像显示详细程度（Level of Detail %）：90；不选择 Clear Overlays 复选框，不清除下层图像；不选 Background Transparant 复选框，背景不设置为透明显示。

③ 打开三维图形。

选择 File | Open | Vector Layer 命令，打开 Select Layer To Add 对话框，选择输入文件为 C：\ Program Files \ Leica Geosystems \ Geospatial Imaging 9.1 \ examples \ VirtualGIS \ va _ bldgs，并切换到 Vector Options 选项卡，如图 11.73 所示进行设置。

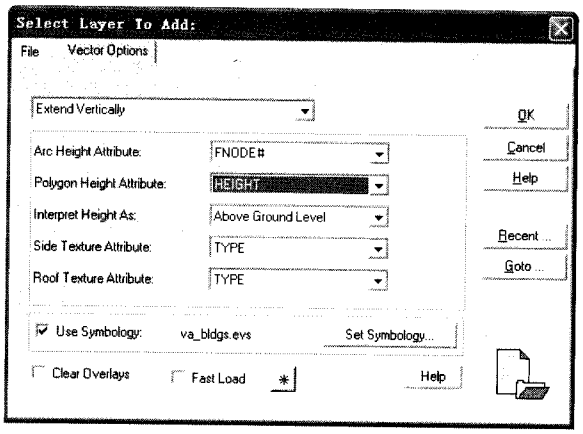


图 11.73　Vector Options 选项卡

（2）设置场景特性。

选择 View | Scene Properties 命令，打开 Scene Properties 对话框。

① 选择 Motion 选项卡，设置 Collision Detection，进行自动进行冲突检测。开启此功能可以避免在漫游过程中撞到场景中的对象。

设置漫游距离范围（Seek Using）：75 Percent Distance，也可以通过直接设定距离参数的方式（Distance）。

② 选择 Background 选项卡，设置背景类型（Background Type）为 Image（图像），选择 VirtualGIS 视景文件为 sky. img，如图 11.74 所示。

点击 Apply 按钮，实现设置。点击 Close 按钮，关闭对话框。

（3）叠加三维模型。

① 创建三维模型层。

选择 File | New | Model Layer 命令，打开 Create Model Layer 对话框，选择保存文件（File name）为 D：/Chp11 /Ex1/ Result/model. vml。

② 导入三维建筑模型。

i. 在 VirtualGIS 窗口绘制椭圆的区域双击，VirtualGIS 窗口自动飞行到双击的区域。

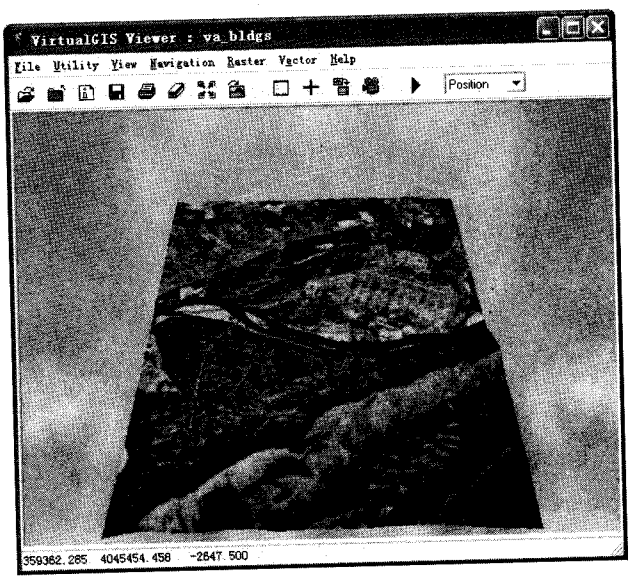


图 11.74　VirtualGIS 视景（设置背景色之后）

ii. 选择 Model | Model Library 命令，打开 Model Library 窗口，选择三维模型类型（category）为 Architecture，单击选择房屋 erdashouse，单击 按钮，将模型插入到 VirtualGIS 视景。

③ 定位建筑模型。

i. 在导航模式设置框选择 Selection 下拉选项。

ii. 单击选择导入的三维模型，进入大小与位置调整状态（鼠标形状变为十字箭头，三维模型外围出现立方体）。

iii. 拖动三维模型，调整大小与空间位置；鼠标放在模型的立方体边线或节点，按住左键可以旋转。

iv. 选择 Model | Drop to Ground 命令，插入的三维建筑物模型被定位在地面上。

v. 选择 *Model | Move to selected Model | Fly* 命令，进行自动飞行，接近当前所选的三维模型（图 11.75）。

④ 复制建筑物模型。

i. 选择 Model | Copy Model 命令，三维建筑物模型被复制到剪贴板。

ii. 选择 Model | Paste Model At 命令，打开 Model/Placement Instruction 指示器，在 VirtualGIS 窗口需要的位置单击复制三维建筑物模型，复制了足够数量建筑物模型之后，单击 OK 按钮，结束复制。

iii. 选择 Model | Model Attributes 命令，在打开的属性表中，选择所有复制的三维建筑模型。在 VirtualGIS 菜单条，选择 Model | Drop to Ground 命令，所有复制的三维建筑物模型被定位在 DEM 表面。

⑤ 保存三维模型层。

单击按钮，保存三维模型层。

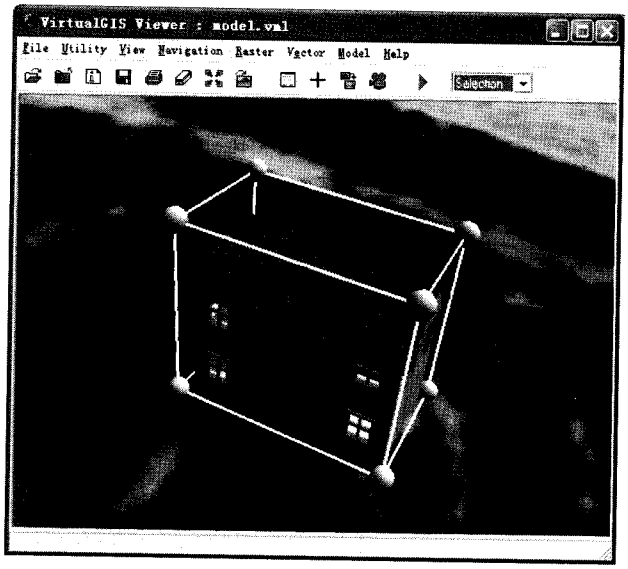


图 11.75　飞行到接近当前所选的三维模型

(4) 定义飞行路径。

① 单击按钮，打开二维全景视窗。

② 选择 Navigation | Flight Path Editor 命令，打开 Flight Path Editor 窗口。

③ 单击按钮，打开 Viewer Selection Instructions 指示器，在第一步打开的二维视窗中单击左键，指示数字化飞行路线的视窗，在视窗中合适的位置依次单击左键定义飞行路线上的若干点，双击左键或单击中键结束飞行路线定义。

(5) 编辑飞行路径，调整飞行路线高度和其他特性，并保存飞行路线，选择保存文件 (File name) 为 D: /Chp11 /Exe1/ Result/flight. flt。

(6) 保存工程。

选择 File | Save | Project As 命令，选择输出文件 (File name) 为 D: /Chp11 / Exe1/ Result/ flight. vwp。

(7) 制作动画。

在 ERDAS IMAGINE 主窗口，选择 VirtualGIS 图标 | Create Movie 命令，打开 Create Movie 对话框。

在 Create Movie 对话框：

① 确定输入工程文件 (Input Project Name) 为 flight. vwp；确定输出动画文件 (Output Movie Name) 为 flight _ movie. avi。

② 定义动画幅面的大小 (Frame Size) 为 Width：720，Height：486。

③ 单击 OK 按钮，执行三维动画制作打开视频压缩窗口，选择压缩程序：Microsoft Video1；压缩质量：75。

④ 单击确定按钮，生成动画文件 Virtual _ flight. avi。

飞行记录进程结束，三维动画文件生成，可以脱离 ERDAS IMAGINE 9.1 软件环境，借助多种通用的 Microsoft 媒体播放器播放。

第十二章　矢量功能及专题地图制作

遥感图像为栅格数据模型，而 ERDAS IMAGINE 9.1 的主要功能也是处理栅格数据。由于栅格数据与矢量数据各有优缺点，因此在 ERDAS IMAGINE 9.1 内添加了矢量功能。矢量功能的加入可以使研究区域的数据库更加完整化，从而支持感兴趣区域（AOI）的选取以及在几何校正中也起到了突出作用。ERDAS IMAGINE 9.1 的矢量工具是基于 ESRI 的数据模型开发的，所以 ARC/INFO 的矢量图层 Arc Coverage，ESRI 的 Shape 文件和 ESRI SDE 矢量层（vector layer）可以不经转换而直接在 ERDAS IMAGINE 9.1 使用，使用方式包括显示、查询、编辑（SDE 矢量层除外）。

专题地图的生成是遥感图像经预处理、图像计算、图像分类后最终形成的可视化的结果，它为用户提供了最直观的视觉感受，所以专题地图的制作也有其重要的意义。

本章中在矢量功能部分将对矢量功能的使用进行介绍，包括矢量显示、矢量特征选取查询、矢量图层生成、编辑与管理。在专题地图制作部分将详细介绍专题地图制作过程中所涉及的操作步骤。

12.1　矢 量 显 示

12.1.1　图形显示操作

ERDAS IMAGINE 9.1 支持三种矢量文件类型，包括 ARC/INFO 的矢量图层（coverages），ESRI 的 Shape 文件和 ESRI SDE 矢量层（SDE vector layer）。一个矢量图层包括了诸多要素，如点（Label 点、Tic 点、Node 等）、线（Arc）、面（Polygon）、属性、外边框等。通常情况下，Arc Coverage 图层包含了所有要素数据，在 View 视窗中可以一次性打开所有要素数据；而 Shapefile 的要素数据分别存储在不同图层上，故在 View 视窗中需要分别打开这些数据。

（1）在 view 视窗下，选择 File | Open | Vector Layer 命令，打开 Select Layer To Add 对话框（图 12.1）。

（2）在 Select Layer To Add 对话框中，确定文件类型（Files of type）为 Shapefile（.shp），选择矢量文件…\ Chp12 \ Tutor \ zone88 _ arc.shp，在 Vector Options 选项卡中，可以定义是否使用符号文件，以及是否清除视窗中已显示的图层等信息。

同样也可在 view 视窗中打开 Arc Coverage 格式的矢量数据。选择文件类型（Files of type）为 Arc Coverage，选择显示文件（File name）为 C:\ Program Files \ Leica Geosystems \ Geospatial Imaging 9.1 \ examples \ zone88 即可。

此外，利用 ERDAS IMAGINE 9.1 也可进行矢量数据间的互相转换。在 ERDAS IMAGINE 主窗口，选择 Import 图标，打开 Import / Export 对话框，在其中选择输入或输出文件类型，便可实现数据转换。

（3）点击 OK 按钮，打开矢量图层。

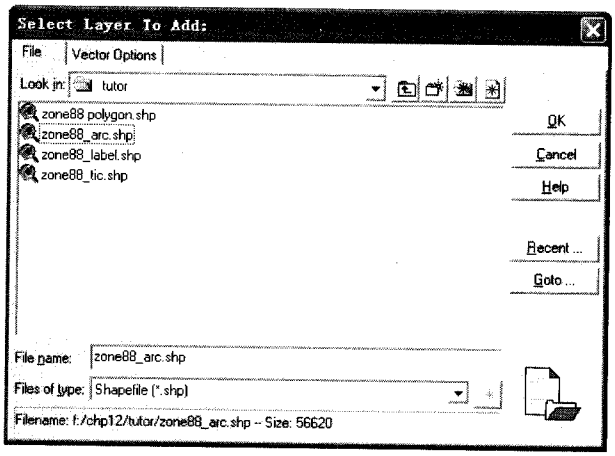


图 12.1　Select Layer To Add 对话框

12.1.2　矢量要素符号化显示

1）矢量要素显示方式

在 View 视窗中，选择 Vector | Viewing properties 命令，打开 Properties for zone88 _ arc 对话框（图 12.2）；或者点击 ↖ 按钮，打开 Vector 工具面板（图 12.3），点击 □ 按钮。

Viewing Properties 的作用有两个：第一，它能根据需要控制是否在图层上显示图层所包含的要素；第二，它可以更改图层上要素的显示特征。

在 Properties for Vector Layer 对话框中，根据需要分别显示各个要素符号并设置其符号特征，并可以将所有特征的显示设置保存为一个符号文件（*.evs），以便多次调用。

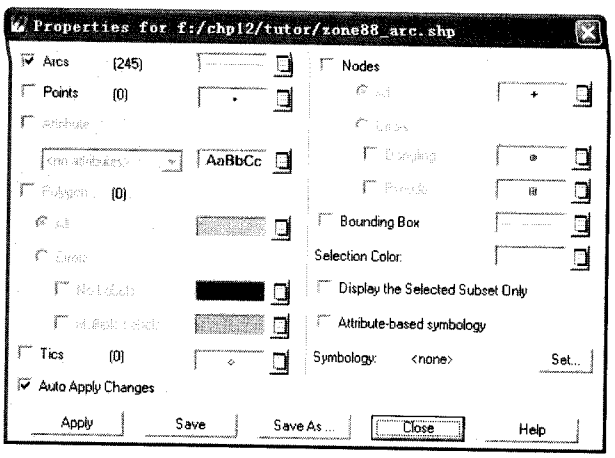


图 12.2　Properties for Vector Layer 对话框

2）矢量要素细节显示

在 Vector 工具面板中，点击 按钮，打开 zone88 _ arc 图层的 Symbology 对话框（图 12.4）。

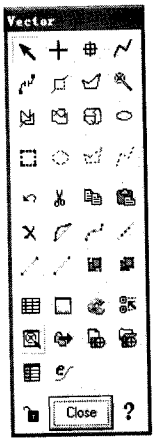


图 12.3　Vector 工具面板

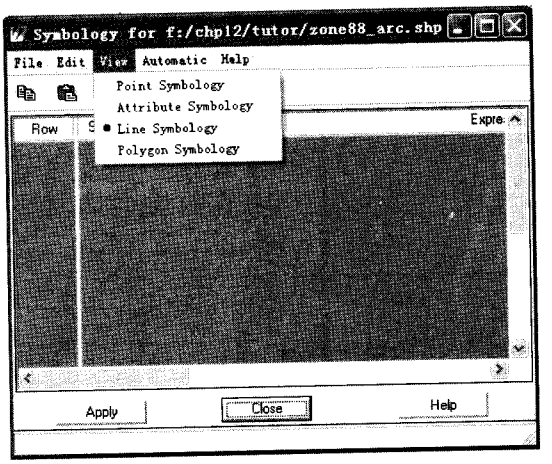


图 12.4　Symblogy 对话框

Symbology 对话框的 View 菜单中包含四个菜单项：Point Symbology、Attribute Symbology、Line Symbology、Polygon Symbology，可以根据所需编辑的矢量要素选择相应菜单项。如图 12.4 所示，Symbology 对话框的 Edit 菜单主要用以手动产生符号及编辑已有符号，而 Automatic 菜单主要用以自动产生符号。

（1）在 Symbology 对话框中，选择 Automatic | Unique Value 命令，打开 Unique Value 对话框。

（2）在 Attribute Name 选择 LENGTH，选中 Generate New Styles 复选框。

（3）点击 OK 按钮，返回到 Symbology 对话框。

（4）点击 Apply 按钮。

（5）在 Symbology 对话框中，点击所需修改类的 Symbol 列，选择 As Is | Other 命令，打开 Fill Style Chooser 对话框，可以对符号进行进一步的设计。

12.2　特征选取与查询

12.2.1　查看选择特征属性

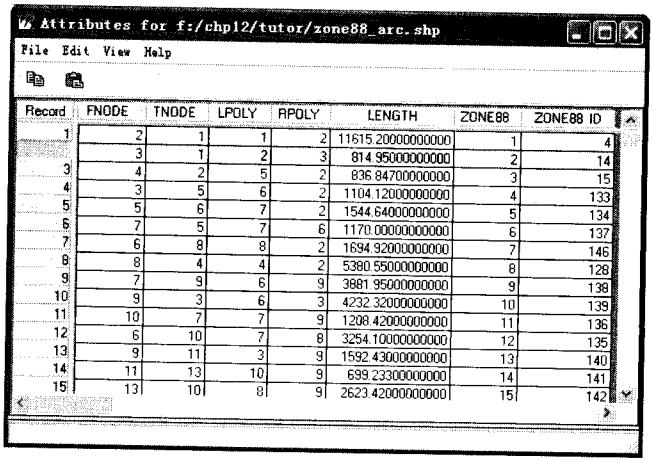
1）选择特征

在 View 视窗中，点击 按钮，打开 Vector 工具面板，点击 按钮，在视窗中选择对矢量图层中感兴趣的特征，这里选择 zone88 _ arc 中的一条线状要素。

2）查看特征属性

点击 Vector 工具面板的 按钮，打开矢量图层的属性表（图 12.5），并在 View 菜单中选择与视窗中感兴趣特征相应的要素类型。

或者点击 Vector 工具面板的 按钮，也可对选中要素进行属性特征的查询。



Record	FNODE	TNODE	LPOLY	RPOLY	LENGTH	ZONE88	ZONE88 ID
1	2	1	1	2	11615.20000000000	1	4
2	3	1	2	3	814.95000000000	2	14
3	4	2	5	2	836.84700000000	3	15
4	3	5	6	2	1104.12000000000	4	133
5	5	6	7	2	1544.64000000000	5	134
6	7	5	7	6	1170.00000000000	6	137
7	6	8	8	2	1694.92000000000	7	146
8	8	4	4	2	5380.55000000000	8	128
9	7	9	6	9	3881.95000000000	9	138
10	9	3	6	3	4232.32000000000	10	139
11	10	7	7	9	1208.42000000000	11	136
12	6	10	7	8	3254.10000000000	12	135
13	9	11	3	9	1592.43000000000	13	140
14	11	13	10	9	699.23300000000	14	141
15	13	10	8	9	2623.42000000000	15	142

图 12.5　Attributes 对话框

12.2.2　特征选取

1）选取工具选择特征

（1）在 View 视窗中，点击 按钮，打开 Vector 工具面板，单击 按钮，打开矢量图层 Options 对话框，分别对其进行设置（图 12.6）。

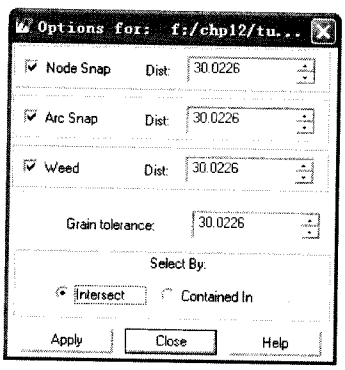


图 12.6　矢量图层 Options 对话框

矢量图层 Options 对话框中有多个设置项，表 12.1 是对这些设置项的简介。

表 12.1　矢量图层 Options 对话框设置项简介

设置项	功能简介
Node Snap	是为弧段的“由于未与其他弧段相交（如露头或者不到）而不成结点的终点”找其他结点进行并入的过程
Arc Snap	是一个弧段的“由于未与其他弧段相交（如露头或者不到）而不成结点的终点”找另一个弧段形成新结点的过程
Weed	是处理弧段的中间点的，沿一个弧段的任何两个中间点的距离至少得是 Weed 确定的距离
Grain tolerance	弧段中相邻中间点的距离。该值一般用于平滑弧段或者加密弧段。它影响新产生的弧段，但在对已有弧段加密时不影响该弧段的形状
Intersect	用选取框选择特征时，所有与选取框相交或者包含在选取框内的特征将被选中
Contained In	用选取框选择特征时，所有包含在选取框内的特征将被选中

（2）点击 ▭ 按钮（或者 ◌ 、 ⌒ 以及 ⌐ 按钮），按住鼠标在视窗中拖画出一个矩形（或者圆形、多边形以及线形）。

所有包含于矩形内的且在元素特征设置中处于显示状态的特征将被选中，此时便可以点击 ▦ 按钮，调出矢量属性表查看被选特征的属性。

2）判别函数选择特征

（1）在 Vector 工具面板，点击 ▦ 按钮，打开矢量图层的属性表（图 12.5）。

（2）选择 View | Line Attributes 命令。

（3）右键点击 Record 项的下部，选择 Row Selection | Criteria 命令，打开判别函数对话框（Selection Criteria）（图 12.7）。

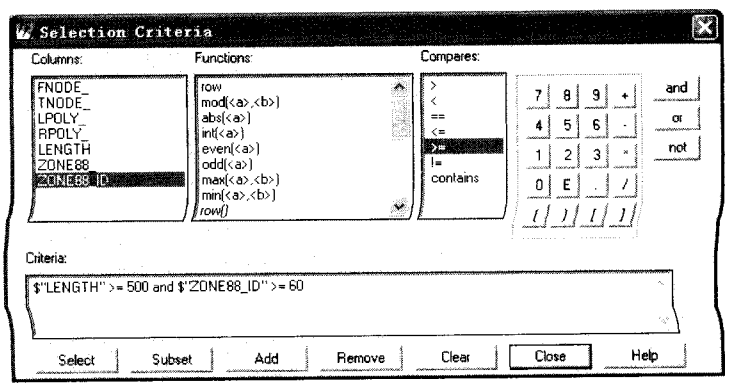


图 12.7　Selection Criteria 对话框

（4）构造判别函数。

（5）点击 Select 按钮。符合判别函数属性的矢量要素将被选择出来，并在属性窗口中对应的记录将用黄色（缺省）标示出来。在视窗中，如果该要素特征被显示的话，被选择的要素也将被黄色（缺省）标示出来。

12.3 矢量数据编辑

利用矢量数据编辑的功能，可以实现对数字图像的矢量化操作。

在 Viewer 菜单中，选择 Vector | Enable Editing 命令，使得矢量数据进入可编辑的状态。选择 Vector | Undo 命令，或者在 Vector 工具面板点击 ↶ 按钮，可以取消之前的操作。

12.3.1 建立矢量要素

1）点要素的绘制

在 Vector 工具面板，点击 ✛ 按钮，即可在矢量图层上绘制 Label 点要素。

在 Vector 工具面板，点击 ⊕ 按钮，即可在矢量图层上绘制 Tic 点要素。

2）线要素的绘制

在 Vector 工具面板，点击 ⌇ 按钮，即可在矢量图层上绘制线要素。

3）面要素的绘制

在 Vector 工具面板，点击 ⌓ 按钮，即可在矢量图层上绘制面要素。

12.3.2 修改矢量数据

1）线要素修改

（1）打断。

① 选中所要修改的线要素，所选中的要素被高亮显示。

② 在 Vector 工具面板，点击 ⌇ 按钮，然后在 Viewer 视窗中点击需要打断的断点位置，即完成线要素的打断。

（2）改变形状。

① 选中所要修改的线要素，所选中的要素被高亮显示。

② 在 Vector 工具面板，点击 ⌐ 按钮。选中的线要素上便显示出节点，选中节点进行拖拉，便能实现线要素形状的改变。

（3）平滑曲线。

① 选中所要修改的线要素，所选中的要素被高亮显示。

② 在 Vector 工具面板，点击 ⌇ 按钮。所选中的要素被按照矢量图层 Options 对话框（图 12.6）中的 Grain tolerance 进行样条函数平滑。

（4）增加节点。

① 选中所要修改的线要素，所选中的要素被高亮显示。

② 在 Vector 工具面板，点击 按钮。所选中的要素的新节点按照 Vector Options 对话框（图 12.6）中的 Grain tolerance 大小的间隔均匀分布在线要素上。

（5）概括曲线。

① 选中所要修改的线要素，所选中的要素被高亮显示。

② 在 Vector 工具面板，点击 按钮。所选中的要素被按照 Vector Options 对话框（图 12.6）中的 Weed tolerance 进行概括。

（6）消除尾节点。

① 选中所要修改的线要素，所选中的要素被高亮显示。

② 在 Vector 工具面板，点击 按钮。所选中的要素上的尾节点便被删除。

2）面要素修改

（1）分割面要素。

① 选中所要分割的面要素，所选中的要素被高亮显示。

② 在 Vector 工具面板，点击 按钮。在所选中的要素上绘制分割面的线段，面要素即被分割。

（2）替换面域。

① 选中所要修改的面要素，所选中的要素被高亮显示。

② 在 Vector 工具面板，点击 按钮。在所选中的要素上绘制改变面的线段，面要素即被新绘制的线段内区域替换。

（3）新增面域。

① 选中所要增加面域的面要素，所选中的要素被高亮显示。

② 在 Vector 工具面板，点击 按钮。在选中的面要素周围用曲线绘制所要增加的面域。

12.3.3 删除矢量要素

选中所要删除的矢量要素，所选中的要素被高亮显示。在 Vector 工具面板中，点击 按钮，即删除所选中矢量要素。

12.4 矢量图层生成与编辑

在 ERDAS 图标面板工具条中点击 Vector 按钮，打开 Vector Utilities 菜单（图 12.8）。

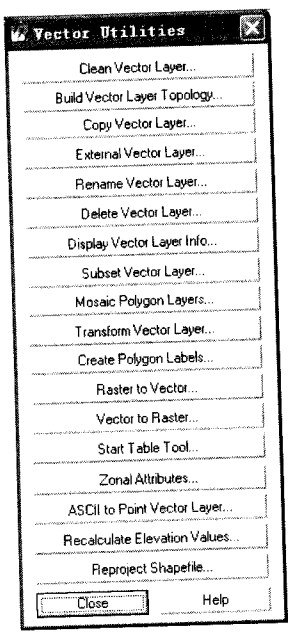


图 12.8 Vector Utilities 菜单

12.4.1 生成矢量图层

矢量图层的生成包括两个步骤：第一，复制空间数据；第二，复制属性数据。

1）数据准备

（1）在视窗 1 和视窗 2 中同时打开 C：\ Program Files \ Leica Geosystems \ Geospatial Imaging 9.1 \ examples \ germtm.img，在 Raster Options 选项卡中，选中 fit to frame 复选框。

（2）在视窗 1 中打开 zone88 polygon.shp，在 Vector Options 选项卡中，不启用 Use Symbology 以及 Clear Display 功能。

（3）在视窗 2 菜单条中，选择 File | New | Vector Layer 命令，打开 Create a New Vector Layer 对话框(图 12.9)，确定文件类型为 .shp 格式，该功能也可对 Coverage 文件处理)，确定输出数据名为 zone88polygonsub，点击 OK 按钮。

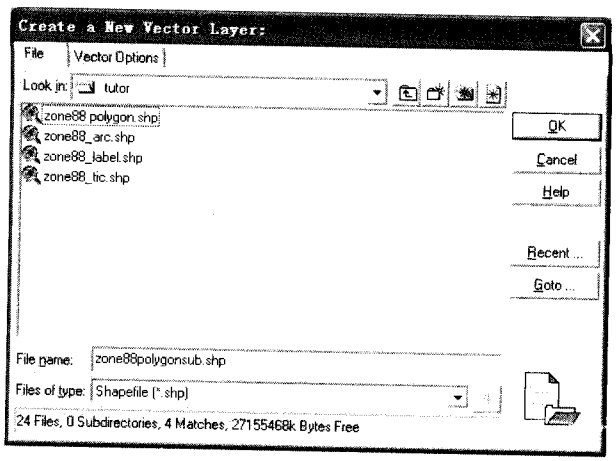


图 12.9 Create a New Vector Layer 对话框

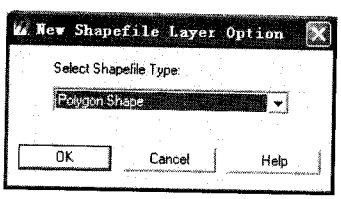


图 12.10 New Shapefile Layer Option 对话框

（4）打开 New Shapefile Layer Option 对话框(图 12.10)，选择 Polygon Shape，点击 OK 按钮。

2）在源图层中选择特征

（1）在视窗 1，选择 Vector | Viewing Properties 命令，打开 Properties for zone88 polygon.shp 对话框。

（2）选中 Polygon 复选框，单击 Apply 按钮，单击 Close 按钮。

（3）按住 Shift 键，在视窗 1 中选择多边形。

3）将选中特征的某字段属性值存放入临时文件

（1）在视窗 1 的 Vector 工具面板中，点击 ▦ 按钮，打开矢量图层 zone88 polygon 的属性表（图 12.5）。

（2）在 zone88 polygon 属性表中，选择 View | *Polygon Attributes* 命令。

（3）选中 zone88 polygon 属性表的 *ZONING* 列，右键点击 ZONING 列的列头，选择 *Column Options* | Export 命令，打开 Export Column Data 对话框（图 12.11）。

在 Export Column Data 对话框，将确定要把选中多边形的 ZONING 属性存储到一个指定文件中去。可以存为新文件 zoning. dat。zoning. dat 在生成前可以通过 Export Column Data 对话框的 Options 选项调出 Export Column Options 对话框（图 12.12）以决定存储格式。

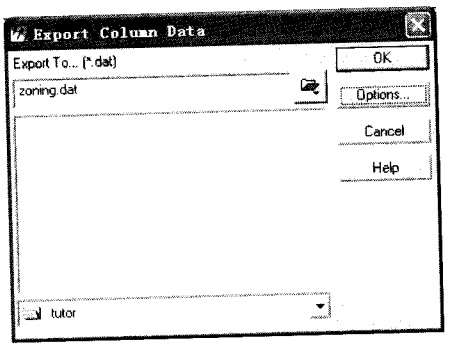


图 12.11　Export Column Data 对话框

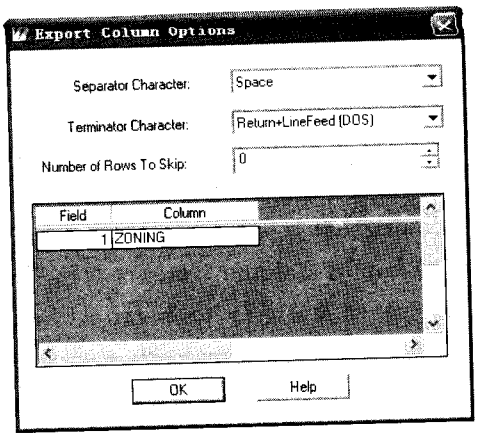


图 12.12　Export Column Options 对话框

4）复制空间数据

（1）点击视窗 1 的 Vector 工具面板的 ✎ 按钮，在视窗 1 菜单条中，选择 Vector | Enable Editing 命令。

（2）点击视窗 2 的 Vector 工具面板的 ✎ 按钮，在视窗 2 菜单条中，选择 File | Save | Top Layer 命令。

5）查看新图层属性并增加属性字段

（1）点击视窗 2 的 ↖ 按钮，打开 Vector 工具面板，单击 ▦ 按钮，打开矢量图层 zone88polygonsub 的属性表。

（2）在 zone88polygonsub 属性表菜单中，选择 View | Polygon Attributes 命令，查看 zone88polygonsub 的 Polygon 属性，可以看到所有的 Polygon 只有位置信息。

（3）在 zone88polygonsub 属性表菜单中，选择 Edit | Column Attributes 命令，打开 Column Attributes 对话框（图 12.13），并点击 Column Attributes 对话框底部的 New 按钮以增加新的字段，按需求设置字段各个参数。

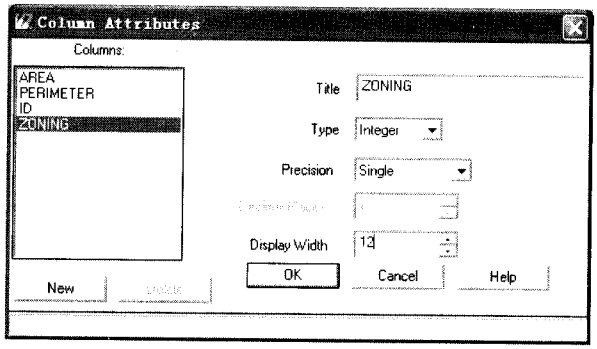


图 12.13　Column Attributes 对话框

6）将临时文件内容输入为新图层的属性值

（1）在 zone88polygonsub 属性表菜单中，选择 View | Polygon Attributes 命令。

（2）点击 ZONING 列的列头，使该列处于被选中状态，右键点击 ZONING 列的列头。

（3）选择 Column Options | Import 命令，打开 Import Column Data 对话框，输入 zoning. dat，点击 OK 按钮。

zoning. dat 数据在读入以前可以通过点击 Import Column Date 对话框的 option 按钮调出 Import Column Options 对话框（图 12.14），依照 zoning. dat 文件，选择逗号（Comma）作为分隔符（Separator Character），选择新行（NewLine）作为行截止标志（Row Terminator Character）。

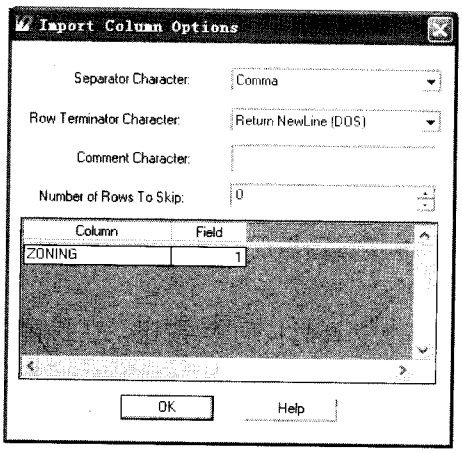


图 12.14　Import Column Options 对话框

7）保存结果

在视窗 2 菜单中，选择 File | Close 命令，打开 Verify Save on Close 提示窗口，点击 OK 按钮。

12.4.2 由 ASCII 文件生成点图层

本功能可将存储有点状地物坐标值的文本文件生成点的矢量图层。

(1) 在 ERDAS 主窗口，选择 Vector 图标 | ASCII to Point Vector Layer 命令，打开 Import ASCII File To Point Coverage 对话框（图 12.15）。

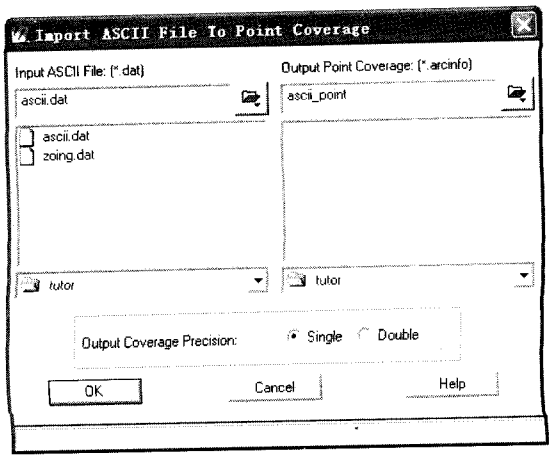


图 12.15 Import ASCII File To Point Coverage 对话框

(2) 选择处理图像文件（Input ASCII File）为用来生成点图层的文本文件，该文件中保存有点状地物的 X，Y 坐标值；设置生成的点状图层（Output Point Coverage），在 Output Coverage Precision 后的复选框中，确定将生成的点状图层的精度。

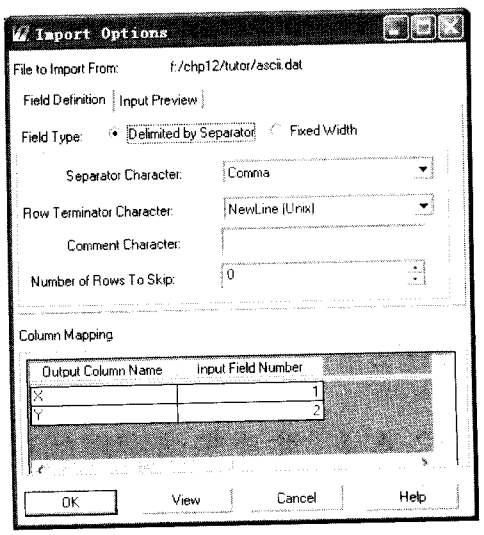


图 12.16 Import Options 对话框

(3) 点击 OK 按钮，弹出 Import Options 对话框（图 12.16），并对 Import Options 对话框进行设置。在 Field Definition 选项卡中，若选择 Delimited by Separator 复选框时，需要对读入的二进制文件进行设置。选择与二进制文件相同的格式进行设置。依照 ascii.dat 文件，选择逗号（Comma）作为分隔符（Sparator Characion），选择新行（NewLine）作为行截止标识（Row Terminator Character）。

(4) 点击 OK 按钮，进行 ASCII 文件至矢量数据的转换。

12.4.3 镶嵌多边形矢量图层

本功能可以将相邻多边形图层镶嵌在一起并且重建拓扑，需要注意的是，多个将镶

嵌在一起的图层的属性表结构必须相同而且必须是多边形图层。

（1）在 ERDAS 主菜单，选择 Vector 图标 | Mosaic Polygon Layers 命令，打开 Mosaic Polygon Coverages 对话框（图 12.17）。

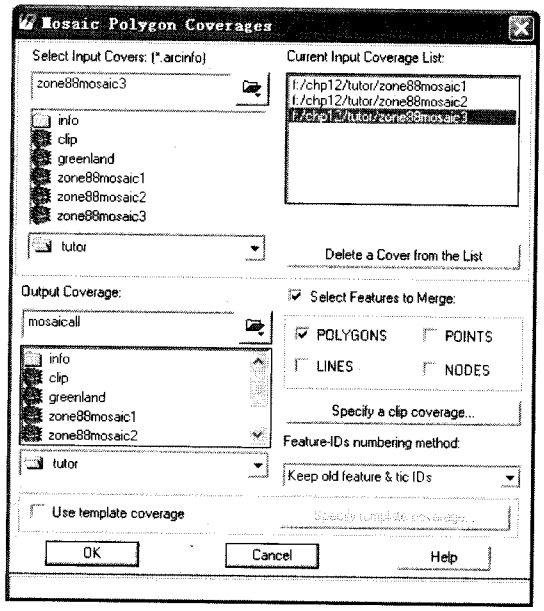


图 12.17　Mosaic Polygon Coverages 对话框

（2）确定将被镶嵌在一起的图层，在 Output Coverage 中输入将产生图层的名字及确定其所在目录；选中 Select Features to Merge 复选框或者 Use template Coverage 复选框以明确图层中的哪些特征被镶嵌在一起。

（3）点击 Specify a clip coverage 按钮，以确定一个 clip 图层，该图层的外多边形将确定镶嵌操作结果的边界。

（4）点击 Feature-IDs numbering method 下拉框，选择处理生成图层中的特征 ID 号和 Tic 点的 ID 号的方法。

（5）点击 OK 按钮。

12.4.4　生成矢量图层的子集

本功能是用一个裁剪图层从一个已有矢量图层中分割出一个子集形成一个新的矢量图层。

（1）在 ERDAS 主窗口，选择 Vector 图标 | Subset Vector Layer 命令，打开 Subset Vector Layer 对话框（图 12.18）。

（2）输入要被裁剪的矢量图层（Input Coverage）；输入（或浏览选取）用以裁剪的矢量图层（Subset Coverage）；输入将产生的矢量图层的名字（Output Coverage）。

（3）在 Subsetting Features 的下拉框中，确定有哪些 Input Coverage 中的特征将被包括在新产生的 Output Coverage 图层中。

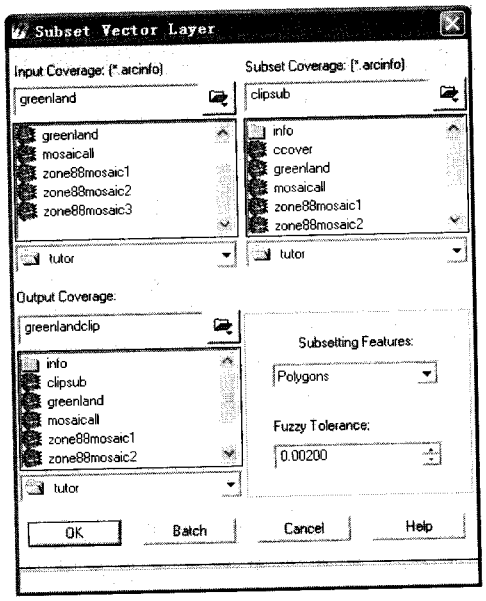


图 12.18　Subset Vector Layer 对话框

(4) 在 Fuzzy Tolerance 的下拉框中，输入模糊容限值，模糊容限缺省为 0.002。

(5) 点击 OK 按钮。

12.4.5　创建拓扑

1) 创建 Label 点

(1) 在 ERDAS 主窗口，选择 Vector 图标 | Create Polygon Labels 命令，打开 Create Polygon Labels 对话框（图 12.19）。

(2) 选择要被处理的多边形图层（Polygon Coverage）。

(3) 在 ID Base 中输入将赋予第一个新 Label 点的 ID 号，其他新 Label 点的 ID 号将依次加 1。

(4) 点击 OK 按钮。

在本功能执行之后要使用 Build Vector Layer Topology 功能对图层拓扑进行重建以更新 PAT 表中的用户 ID 号。

当产生或者编辑了一个矢量图层后，需要对图层进行 Clean 或者 Build 处理，以保证空间数据的拓扑关系及空间数据与属性数据的一致性。

注意不要对一个打开了的矢量图层进行 Build 或者 Clean 操作。在对矢量图层进行 build 或者 clean 操作时也不要试图打开该图层。

2) Build 矢量图层

(1) 在 ERDAS 主窗口，选择 Vector 图标 | Build Vector Layer Topology 命令，打

开 Build Vector Layer Topology 对话框（图 12.20）。

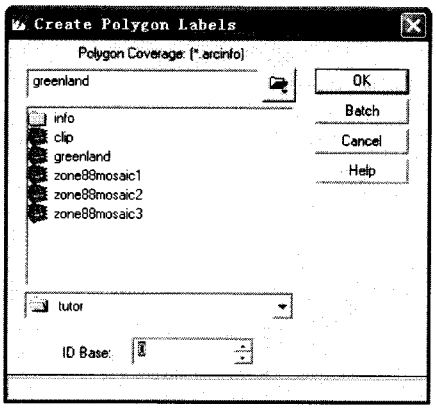


图 12.19　Create Polygon Labels 对话框

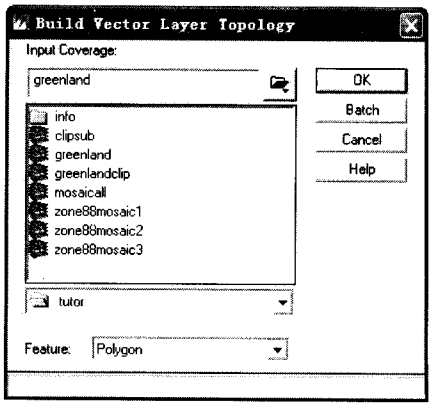


图 12.20　Build Vector Layer Topology 对话框

（2）选择要处理的矢量图层（Input Coverage），并在 Feature 下拉框中选择所要处理图层的类型。

（3）点击 OK 按钮。

3）Clean 矢量图层

（1）在 ERDAS 主窗口，选择 Vector 图标 | Clean Vector Layer 命令，打开 Clean Vector Layer 对话框（图 12.21）。

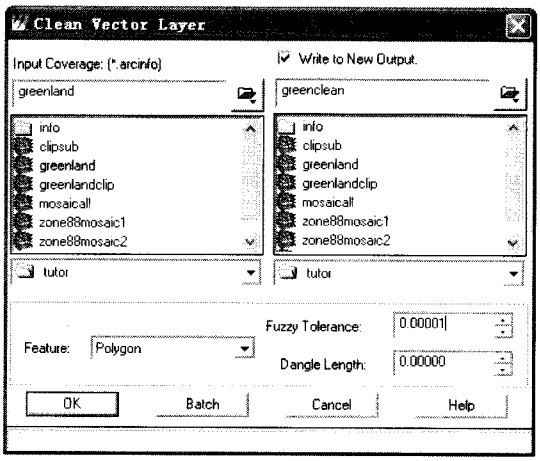


图 12.21　Clean Vector Layer 对话框

（2）在 Input Coverage 中输入（或者浏览选取）要处理的矢量图层名字，在 Feature 下拉框中选择要处理的图层的类型。注意：与 Build 不同的是，Clean 不处理点状图层。

（3）选中 Write to New Output 复选框。

(4) 在 Fuzzy Tolerance 输入框输入模糊容限值。

(5) 在 Dangle Length 输入框输入悬弧长度，悬弧长度缺省值为 0。

(6) 点击 OK 按钮。

12.5 矢量图层管理

12.5.1 图层管理

由于矢量图层是由空间数据与属性数据所组成，包含不止一个文件，所以在操作系统中难以完成对矢量图层的管理，对矢量图层的操作必须在 ERDAS IMAGINE 9.1 或者在 ERSI 相应软件工具中完成。

1) 重命名矢量图层

(1) 在 ERDAS 主窗口，选择 Vector 图标 | Rename Vector Layer 命令，打开 Rename Vector Layer 对话框（图 12.22）。

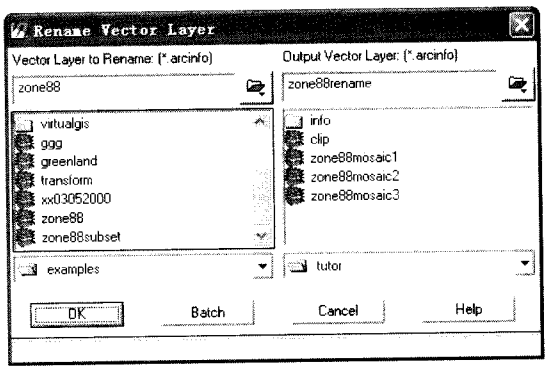


图 12.22 Rename Vector Layer 对话框

(2) 选择要被重命名的图层（Vector Layer to Rename）；设置输出图层的新名字（Output Vector Layer）。

(3) 点击 OK 按钮。

2) 复制矢量数据

(1) 在 ERDAS 主窗口，选择 Vector 图标 | Copy Vector Layer 命令，打开 Copy Vector Layer 对话框（图 12.23）。

(2) 确定将被复制的矢量图层以及待输出的矢量图层。

(3) 点击 OK 按钮。

3) 删除矢量图层

(1) 在 ERDAS 主窗口，选择 Vector 图标 | Delete Vector Layer 命令，打开 Delete

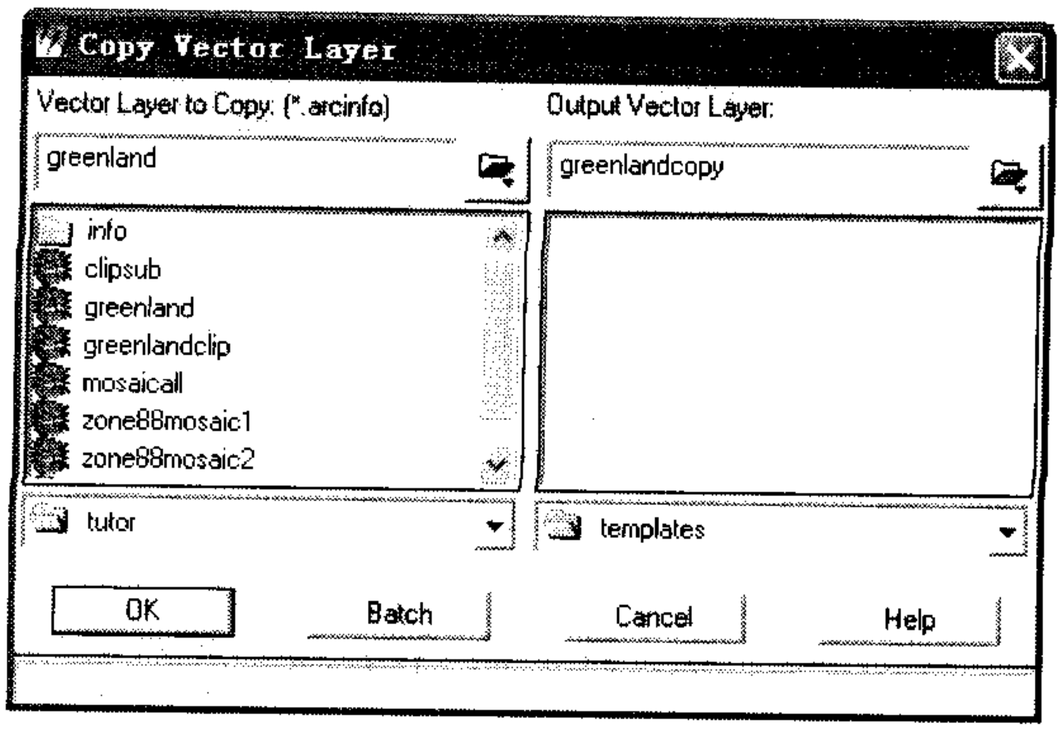


图 12.23　Copy Vector Layer 对话框

Vector Layer 对话框（图 12.24）。

（2）选择要删除的矢量图层（Vector Layer to Delete），在 Type of Deletion 下拉选择框中选择要删除的内容的类型。

（3）点击 OK 按钮。

4）扩展矢量图层

该功能支持在复制图层时，不仅复制了空间数据，同时也复制了属性数据并修改了空间数据中存储属性数据文件的相对路径与文件名。

（1）在 ERDAS 主窗口，选择 Vector 图标 | External Vector Layer 命令，打开 External Vector Layer 对话框（图 12.25）。

（2）选择要处理的矢量图层（Vector Layer to External）。

（3）点击 OK 按钮。

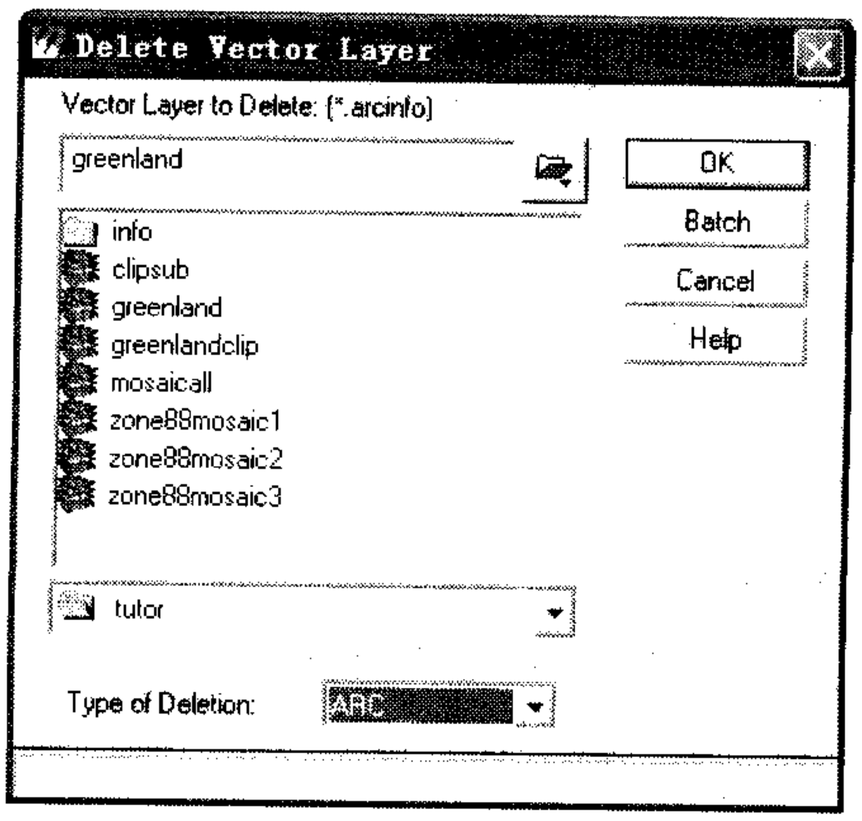


图 12.24　Delete Vector Layer 对话框

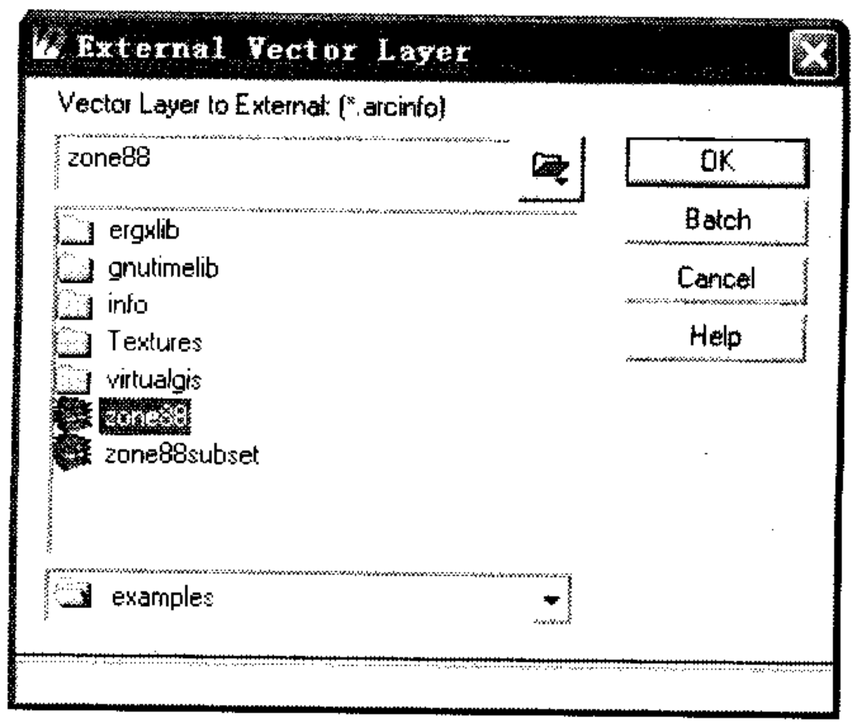


图 12.25　External Vector Layer 对话框

12.5.2 矢栅转换

栅格与矢量的互相转换是一个很重要的功能。例如，将遥感图像分类的结果生成ARC/INFO格式的图层或者将扫描后的专题图转为矢量图层都需要使用该功能。

1）栅格到矢量的转换

（1）在ERDAS主窗口，选择Vector图标 | Raster to Vector命令，打开Raster to Vector对话框（图12.26）。

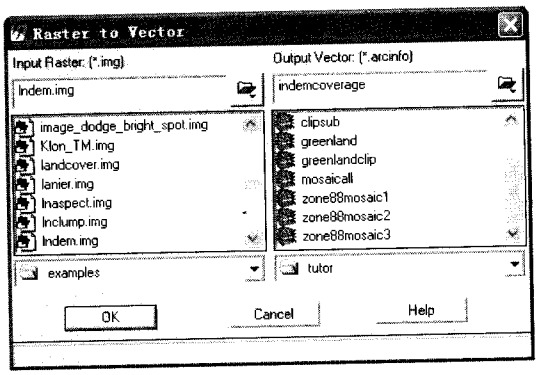


图12.26 Raster to Vector对话框

（2）选择（或浏览选取）要转换的图像（Input Raster）；输入要产生的矢量图层的名称（Output Vector）。

（3）点击OK按钮，打开Raster to ARC/INFO Coverage对话框（图12.27），对其进行设置（表12.2）。

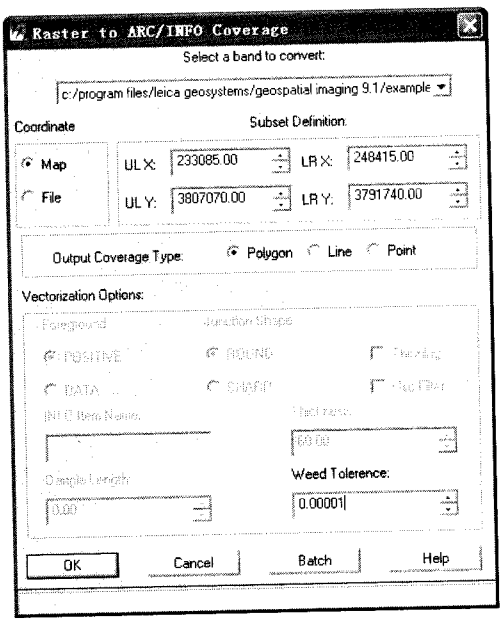


图12.27 Raster to ARC/INFO Coverage对话框

（4）点击 OK 按钮。

表 12.2　Raster to ARC/INFO Coverage 对话框设置

设置项	简介
Output Coverage Type	在此确定输出矢量图层的类型： （1）Polygon：多边形矢量图层。该设置在以下情况时效果较好：①图像尺寸小于 512×512；②分类后的图像（否则会产生大量小多边形）；③平滑后的图像（否则会产生大量“岛”多边形） （2）Line：弧段矢量图层。该设置主要用于以下情况：①对扫描图像的矢量化；②提取基于一个矢量图层用“矢量到栅格转换工具”转换成的图像的线状特征 （3）Point：点矢量图层
Foreground	在 Output Coverage Type 为 Line 时本设置才有效。本设置确定哪些像元是前景像元，将转化为弧段的图像上的线特征是由前景像元组成的 POSITIVE：值大于 0 的像元属于前景，而小于 0 或者为 NODATA 的属于背景 DATA：所有有数据值的像元都属于前景，而值为 NODATA 的像元属于背景
Junction Shape	在 Output Coverage Type 为 Line 时本设置才有效。本设置确定线的拐角。 ROUND：线的拐角将比较圆滑，这在表现等高线等自然线型时比较客观。 SHARP：线的拐角比较尖锐
Thinning	本设置确定在矢量化以前是否首先细化前景像元。细化可以加快处理速度
Use Filter	本设置将平滑前景和背景像元间的边界。这将在弧段中加入更多的中间点以使弧段显得平滑
INFO Item Name	这是将产生的矢量图层属性表的一个字段的名字，该字段将包括它所对应的图像的像元值
Thickness	本设置是指在栅格图像上线性特征的最大宽度（地图单位）。Thinning 被选定时该项缺省为像元尺寸的 10 倍，否则为 2 倍
Dangle Length	在 Output Coverage Type 为 Line 时本设置才有效。在输出的矢量图层中将被保留的悬挂弧的最小长度（地图单位）。Thinning 被选定时该项缺省为像元尺寸的 0.7 倍，否则为 0
Weed Tolerance	Weed 容限值是指弧段上两个点间的最小距离（地图单位），缺省为 0

2）矢量到栅格的转换

（1）在 ERDAS 主窗口，选择 Vector 图标 | Vector to Raster 命令，打开 Vector to Raster 对话框（图 12.28）。

（2）选择要转换的矢量图层（Input Vector）；设置要产生的图像的名称（Output Raster）。

（3）点击 OK 按钮，打开 Convert Vector Layer to Raster Layer 对话框（图 12.29），并对其进行各种设置（表 12.3）。

（4）点击 OK 按钮。

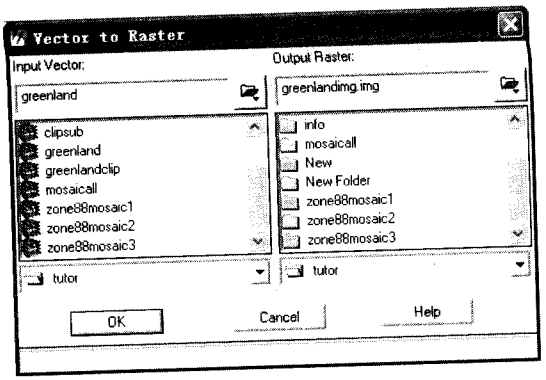


图 12.28　Vector to Raster 对话框

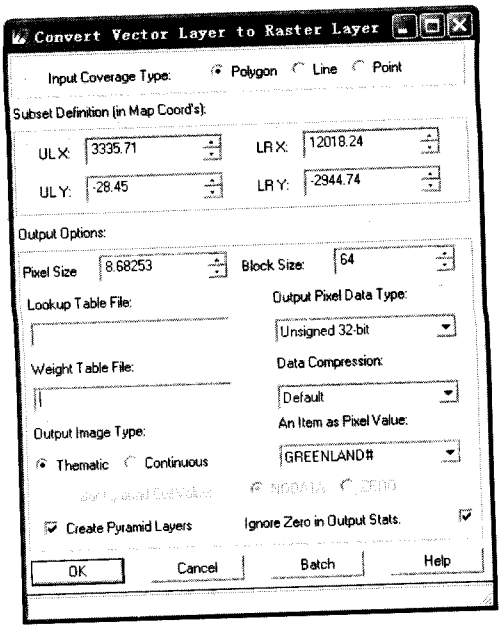


图 12.29　Convert Vector Layer to Raster Layer 对话框

表 12.3　Convert Vector Layer to Raster Layer 对话框设置

设置项	简介
Pixel Size	确定输出的像元尺寸。缺省用矢量图层 x 方向长度的 1/1000。如果 x 方向长度的使用不合理，则缺省为 40
Block Size	块的大小，缺省为 64
Lookup Table File	输入一个“用来确定像元值的”INFO 文件的名字，该文件要满足以下条件：①必须包含两个字段：VALUE 与 CODE。②CODE 字段是数字型的。③INFO 表按 VALUE 值进行升序排序 假如不明确该文件的路径，则系统缺省在当前工作空间内查找（当前工作空间可从 ERDAS 主菜单的 Session \| Session Log 中查得）
Weight Table File	输入一个 INFO 文件的名字，当一个像元有几个可能的像元值时，该文件用来指明每个值的权重，权重最大的像元值将被赋给像元。该文件要满足以下条件：①必须包含两个字段：WEIGHT 与 CODE；②CODE 与 WEIGHT 字段都得是数字型的；③INFO 表按 CODE 值进行升序排序；④如果值没有出现在该文件中，则该值的权重为 0
Background Cell Value	设置在 Input Coverage Type 为 Line 或者 Point 时才有用，本设置指出背景像元的像元值 NODATA：如果输出像元值类型为符号型，则背景像元值将是一个很大的负数，如果是无符号型，则为 0 ZERO：背景像元值为 0

12.6 专题地图编辑

12.6.1 专题地图编辑器功能

专题地图编辑器启动方式为：ERDAS 主菜单条，选择 Main | Map Composer 命令或在 ERDAS 主窗口，点击 Composer 图标，打开 Map Composer 菜单（图 12.30）。

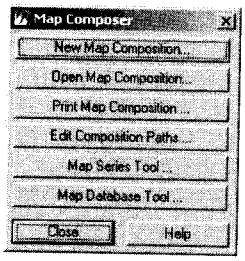


图 12.30 Map Composer 菜单

12.6.2 专题地图编辑过程

1）产生专题制图文件

（1）选择 File | Open | Raster Layer 命令，打开 Select Layer To Add 对话框，选择文件。

（2）在 Raster Options 选项卡，选中 Fit to Frame 复选框。

（3）点击 OK 按钮。

（4）选择 Main | Map Composer | New Map Composition 命令，打开 New Map Composition 对话框（图 12.31），用户按需要定义各个参数，点击 OK 按钮，打开 Map Composer 视窗和 Annotation 工具面板（图 12.32）。

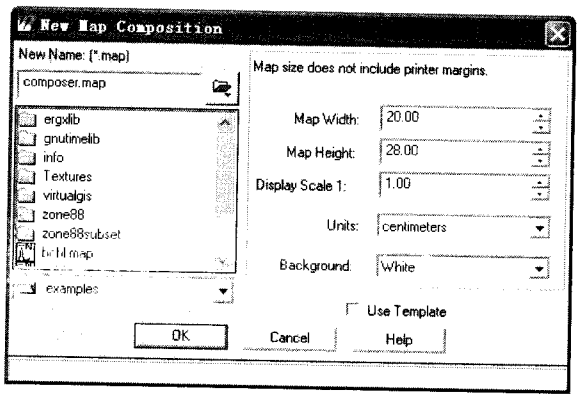


图 12.31 New Map Composition 对话框

如图 12.32 所示，地图编辑视窗由菜单条（Menu Bar）、工具条（Tool Bar）、地图窗口（Map View）和状态条（Status Bar）组成，注记工具面板（Annotation Tool Palette），是从菜单条中调出来的一部分编辑功能。该工具面板可以方便用户在注记层或地图上放置矩形、多边形、线划等图形要素，还可以放置比例尺、图例、图框、格网线、标尺点、文字及其他要素。

2）绘制地图图框

地图图框的大小取决于三个要素：制图范围（Map Area）、图纸范围（Frame

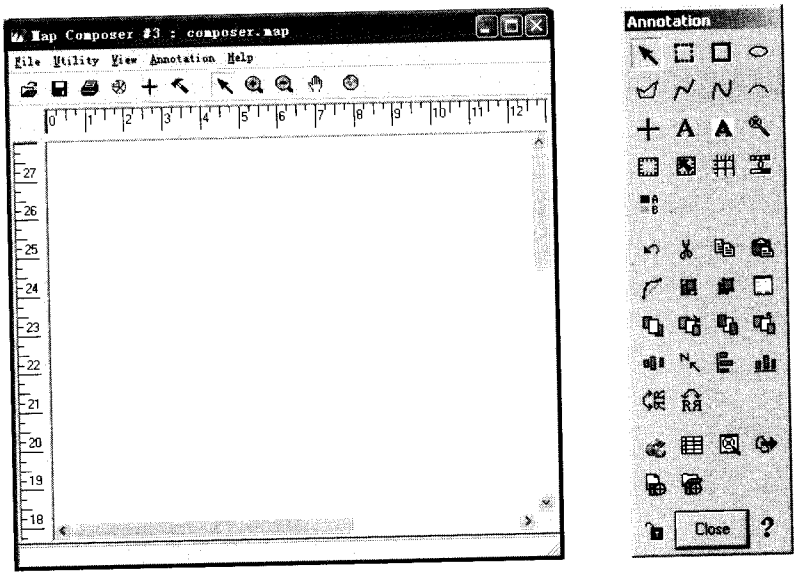


图 12.32　Map Composer 视窗和 Annotation 工具面板

Area)、地图比例 (Scale)。

(1) 在 Annotation 工具面板，点击 按钮，在地图编辑视窗的图形窗口中，按住鼠标左键拖动绘制一个矩形框 (Map Frame)。完成图框绘制、释放鼠标左键后，打开 Map Frame Data Source 对话框 (图 12.33)。

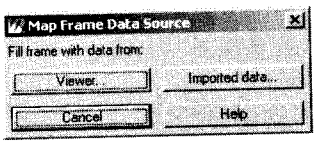


图 12.33　Map Frame Data Source 对话框

(2) 单击 Viewer 按钮 (从视窗中获取数据填充 Map Frame)，打开 Create Frame Instructions 指示器 (图 12.34)，按要求选择所需要编辑的地图，打开 Map Frame 对话框 (图 12.35)，并在其中定义参数，点击 OK 按钮。

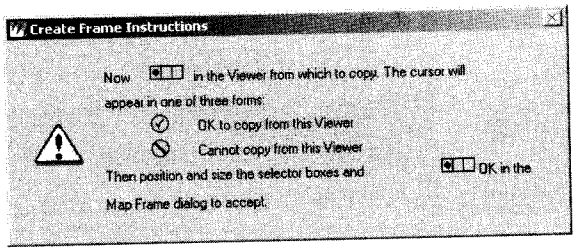


图 12.34　Create Frame Instructions 指示器

(3) 在 Map Composer 视窗中，选择 View | Scale | Map to Window 命令，得到充满整个视窗的图像 (图 12.36)。

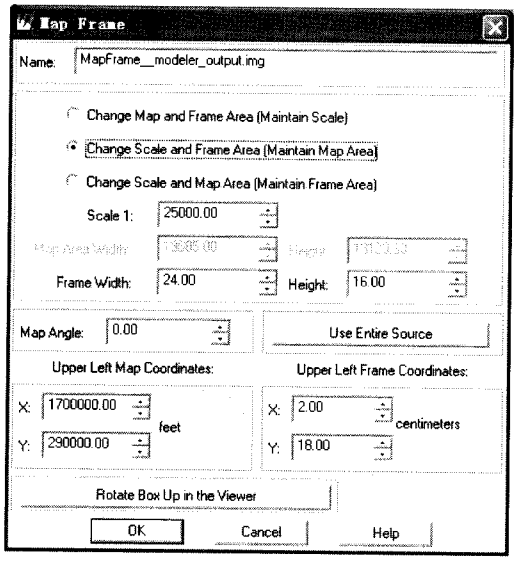


图 12.35　Map Frame 对话框

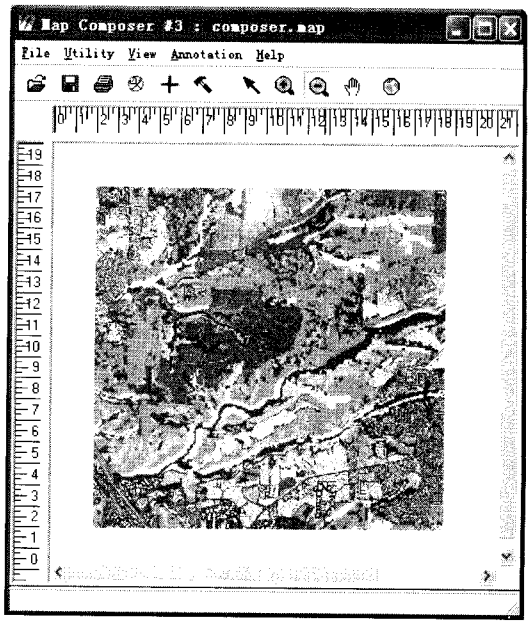


图 12.36　Map Composer 视窗（充满窗口）

3）放置图面整饰要素

（1）绘制格网线与坐标注记。

在 Annotation 工具面板，点击 按钮，在位于地图编辑视窗图形窗口中的图框内点击左键，打开 Set Grid/Tick Info 对话框并设置参数（图 12.37）。

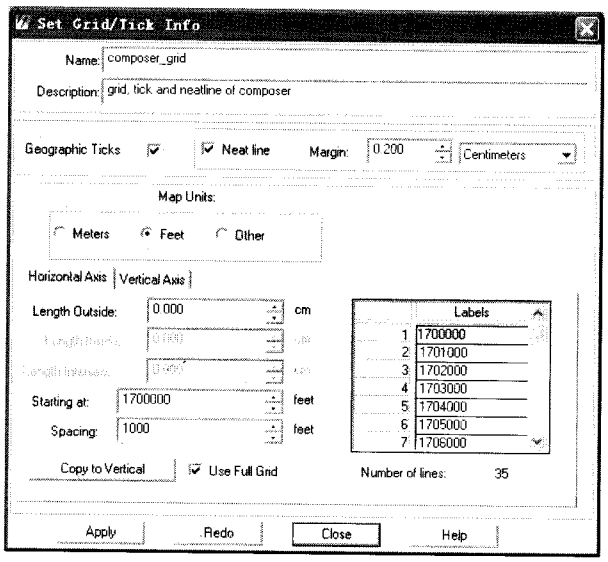


图 12.37　Set Grid/Tick Info 对话框

(2) 绘制地图比例尺。

在 Annotation 工具面板，点击按钮，用鼠标在地图编辑视窗图形窗口拖拉绘制比例尺放置框，打开 Scale Bar Instructions 指示器（图 12.38），在地图编辑视窗单击，指定绘制比例尺的依据，打开 Scale Bar Properties 对话框（图 12.39），按需要定义参数。

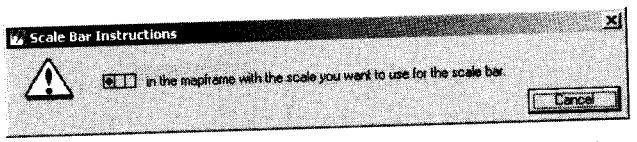


图 12.38 Scale Bar Instructions 指示器

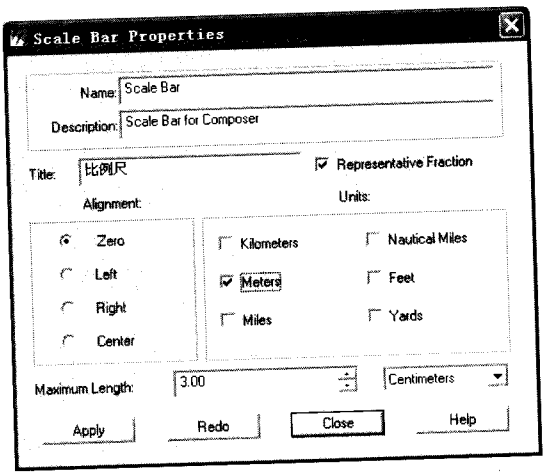


图 12.39 Scale Bar Properties 对话框

(3) 绘制地图图例。

在 Annotation 工具面板，点击图标，用鼠标定义放置图例位置，打开 Legend Instructions 指示器（图 12.40），点击鼠标指定绘制图例的依据，打开 Legend Properties 对话框（图 12.41），可对图例要素进行修改。

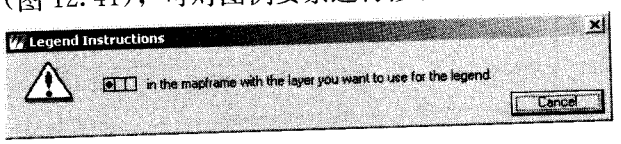


图 12.40 Legend Instructions 指示器

(4) 绘制指北针。

在 Map Composer 视窗菜单条，选择 Annotation | Styles 命令，打开 Styles for Composer 对话框，选择 Symbol Styles | Other 命令，打开 Symbol Chooser 对话框（图 12.42），并确定指北针类型。

在 Annotation 工具面板，点击＋按钮，放置指北针，双击放置的指北针符号，打开 Symbol Properties 对话框（图 12.43），可对指北针要素特性进行修改。

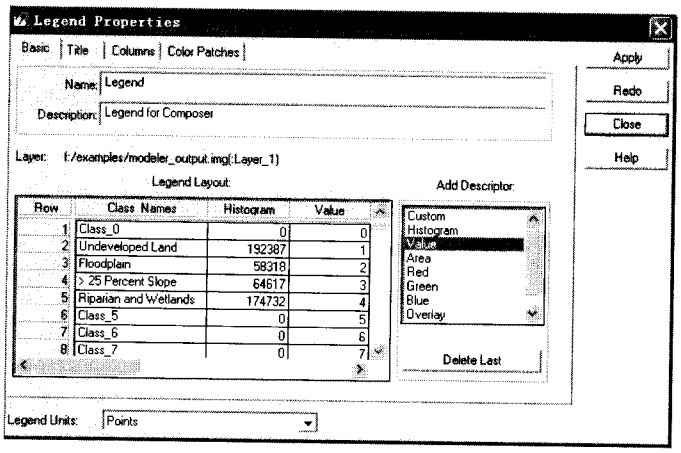


图 12.41　Legend Properties 对话框

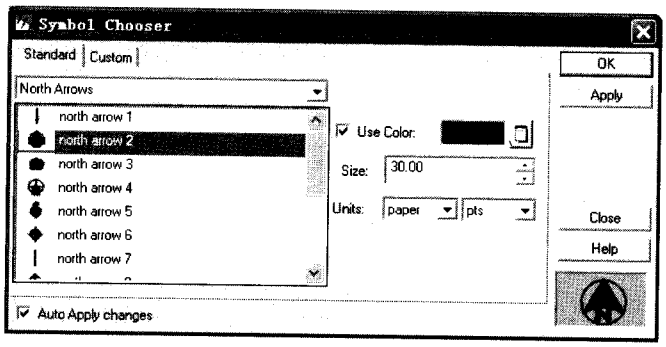


图 12.42　Symbol Chooser 对话框

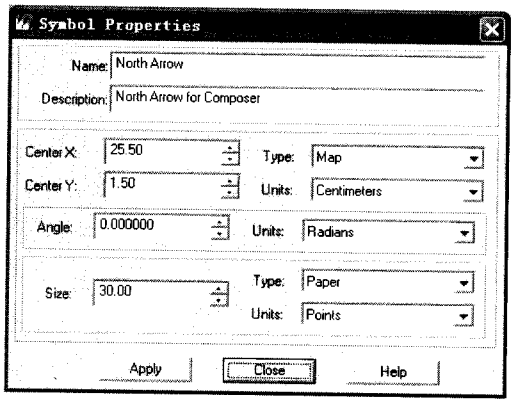


图 12.43　Symbol Properties 对话框

(5) 放置地图图名。

在 Annotation 工具面板，点击 A 按钮，鼠标拖动确定放置图名位置，打开

Annotation Text 对话框（图 12.44），输入图名字符串，点击 OK 按钮。

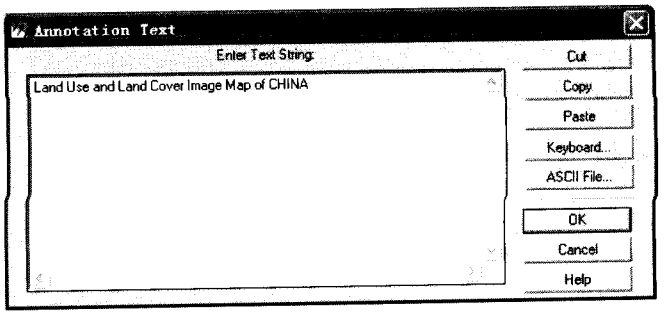


图 12.44　Annotation Text 对话框

地图图名放置以后，可以双击地图图名，打开 Text Properties 对话框（图 12.45），对所需项目进行修改。

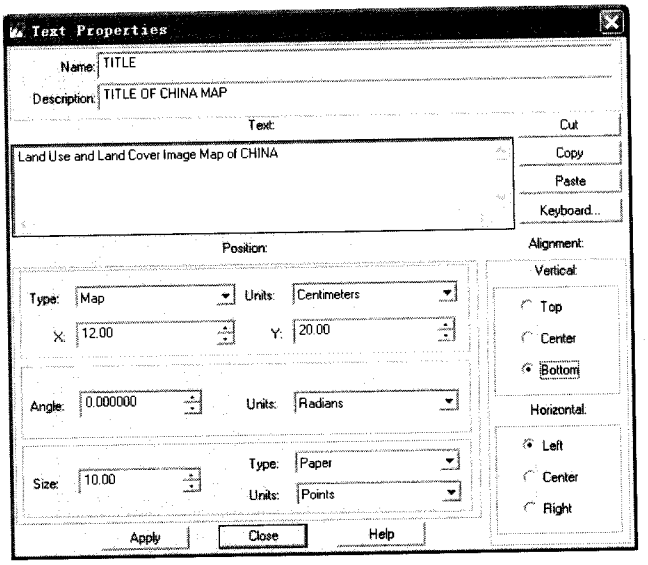


图 12.45　Text Properties 对话框

(6) 书写地图说明注记。

在 Annotation 工具面板，点击 A 按钮，确定注记位置，打开 Annotation Text 对话框（图 12.44），输入说明注记字符串。

4) 保存专题制图文件

点击 Map Composer 工具条的 Save Composition 按钮，保存制图文件（*.Map）。

12.7 系列地图编辑工具

12.7.1 系列地图编辑功能

1）启动系列地图编辑器

（1）打开所需编辑的地图之后，选择 Main | Map Composer | Map Series Tool 命令，打开 Viewer Selection Instructions 指示器（图 12.46）。

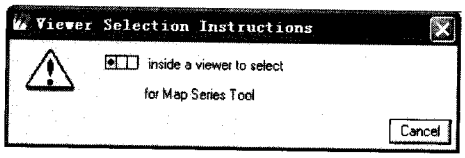
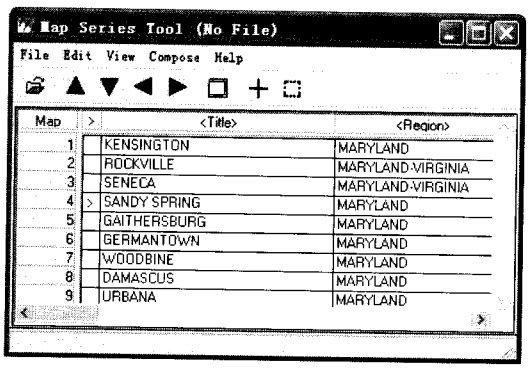


图 12.46 Viewer Selection Instructions 指示器

（2）在打开图像文件的视窗中点击左键，确定输出图像，打开 Map Series Tool 对话框（图 12.47）。



Map		<Title>	<Region>
1		KENSINGTON	MARYLAND
2		ROCKVILLE	MARYLAND-VIRGINIA
3		SENECA	MARYLAND-VIRGINIA
4	>	SANDY SPRING	MARYLAND
5		GAITHERSBURG	MARYLAND
6		GERMANTOWN	MARYLAND
7		WOODBINE	MARYLAND
8		DAMASCUS	MARYLAND
9		URBANA	MARYLAND

图 12.47 Map Series Tool 对话框

2）定义分幅与比例尺

（1）在 Map Series Tool 对话框，选择 Edit | United States Geological Survey 命令，选择合适的比例尺。

（2）系统将自动加载图像所覆盖的比例尺标准分幅地图，并将分幅地图信息显示在系列地图编辑工具对话框的表格（CellArray）中（图 12.47）。

3）显示分幅信息

在 Map Series Tool 对话框，选择 View | Show Map Sheets in Viewer | Titled 命令，视窗中便显示出地图分幅边界及图名（图 12.48）。



图 12.48　系列地图分幅信息显示视窗

12.7.2　系列地图输出编辑与保存

1）地图输出

在 Map Series Tool 对话框，选择 Compose | Create Map Sheets Compositions 命令，打开 Create Map Series Compositions 对话框（图 12.49），设置各项参数并点击 OK 按钮。

2）地图文件保存

在 Map Series Tool 对话框，选择 File | Save As 命令，打开 Save Map Series File 对话框（图 12.50），设置保存位置及文件名。

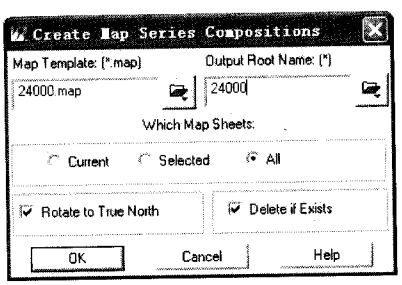


图 12.49　Create Map Series Compositions 对话框

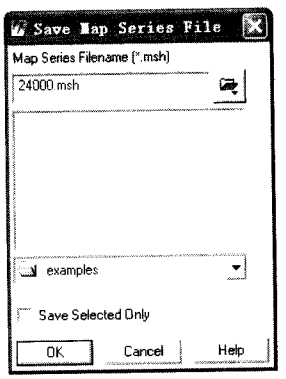


图 12.50　Save Map Series File 对话框

3）地图预览

在正式打印之前，可以预览其图面效果，步骤如下：

在 ERDAS 主窗口，选择 Composer 图标 | Open Map Composition 命令，打开 Open Map Composition 对话框，选择制图文件（File name），点击 OK 按钮，打开 Map Composer 图形窗口（图 12.51）。

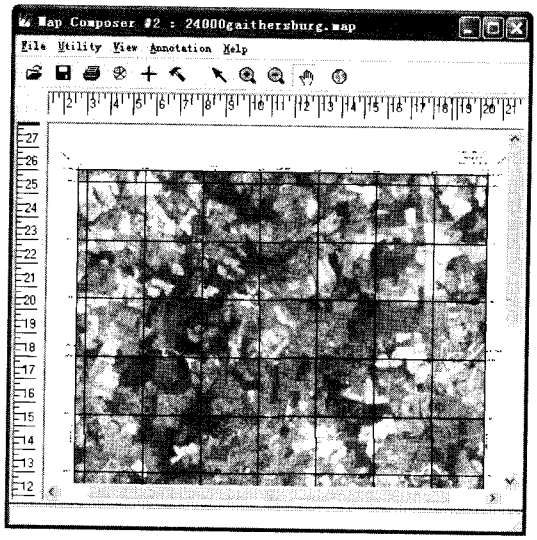


图 12.51　Map Composer 图形视窗（局部）

12.8　专题地图输出

1）在 ERDAS 主窗口环境输出

（1）在 ERDAS 主窗口，选择 Composer 图标 | Print Map Composition 命令，打开 Compositions 对话框，选择制图文件。

（2）打开 Print Map Composition 对话框（图 12.52），设置地图打印参数，点击 OK 按钮。

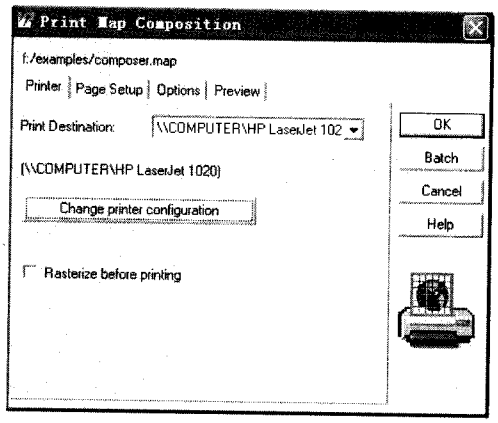


图 12.52　Print Map Composition 对话框

2）在 Map Composer 制图环境输出

在 Map Composer 视窗菜单条，选择 File | Print 命令，打开 Print Map Composition 对话框（图 12.52），设置地图打印参数，点击 OK 按钮。

12.9 实例与练习：某区域遥感专题地图制作

1）实习背景

专题地图是遥感图像处理结果的表现形式，它将把遥感图像以专题地图的形式呈现在用户面前。

2）实习目的

通过本练习，熟悉和掌握地图编辑中的各个操作的详细过程。

3）实习要求

对数字处理过后的遥感专题图像进行编辑以及输出。

4）实验数据

某区域遥感图像分类图（Supervised. img），存放于 C：\ Program Files \ Leica Geosystems \ Geospatial Imaging 9.1 \ examples 中，结果存放于… \ Chp12 \ Ex1 \ Result 中。

5）操作步骤

（1）数据准备。

选择 File | Open | Raster Layer 命令，打开 Select Layer To Add 对话框，选择输入数据（File name）为 Supervised. img。在 Raster Options 选项卡中选择 Fit to Frame。点击 OK 按钮，打开遥感图像。

（2）产生专题制图文件。

点击 Composer 图标 | New Map Composition 命令，打开 New Map Composition 对话框。如图 12.53 所示，在 New Map Composition 中定义下列参数。

（3）地图图框的绘制。

① 在 Annotation 工具面板，点击 图标。

② 在地图编辑视窗的图形窗口中，按住鼠标左键拖动绘制一个矩形框（Map Frame）。

③ 释放鼠标左键后，打开 Map Frame Data Source 对话框。点击 Viewer 中的图像后，打开 Create Frame Instructions 指示器。

④ 在显示图像的视窗中任意位置点击左键，表示对该图像进行专题制图。随即打开 Map Frame 对话框，在 Map Frame 对话框中可按照用户需要改变参数，如图 12.54 所示。

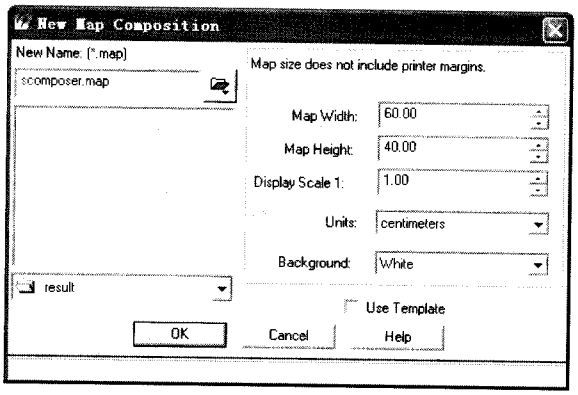


图 12.53　New Map Composition 对话框

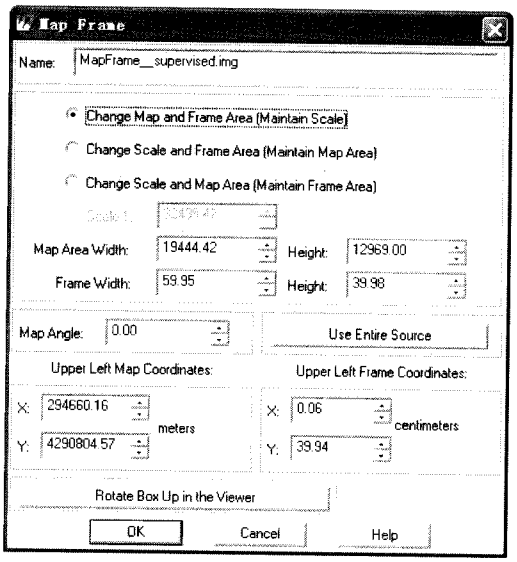


图 12.54　Map Frame 对话框设置

⑤ 将输出图面充满整个视窗（View | Scale | Map to Window 命令）（图 12.55）。

（4）绘制格网线与坐标注记。

点击图标，点击地图编辑视窗图形窗口中的图框，打开 Set Grid / Tick Info 对话框设置参数，点击 Apply 按钮，点击 Close 按钮（图 12.56）。

（5）绘制地图比例尺。

在 Annotation 工具面板，点击图标，绘制比例尺放置框，随即打开 Scale Bar Instructions 指示器。鼠标指定绘制比例尺的依据，随即打开 Scale Bar Properties 对话框。如图 12.57 所示，定义参数，点击 Apply 按钮，点击 Close 按钮。

（6）绘制地图图例。

在 Annotation 工具面板，点击图标，定义放置图例左上角位置，随即打开 Legend Instruction 指示器。

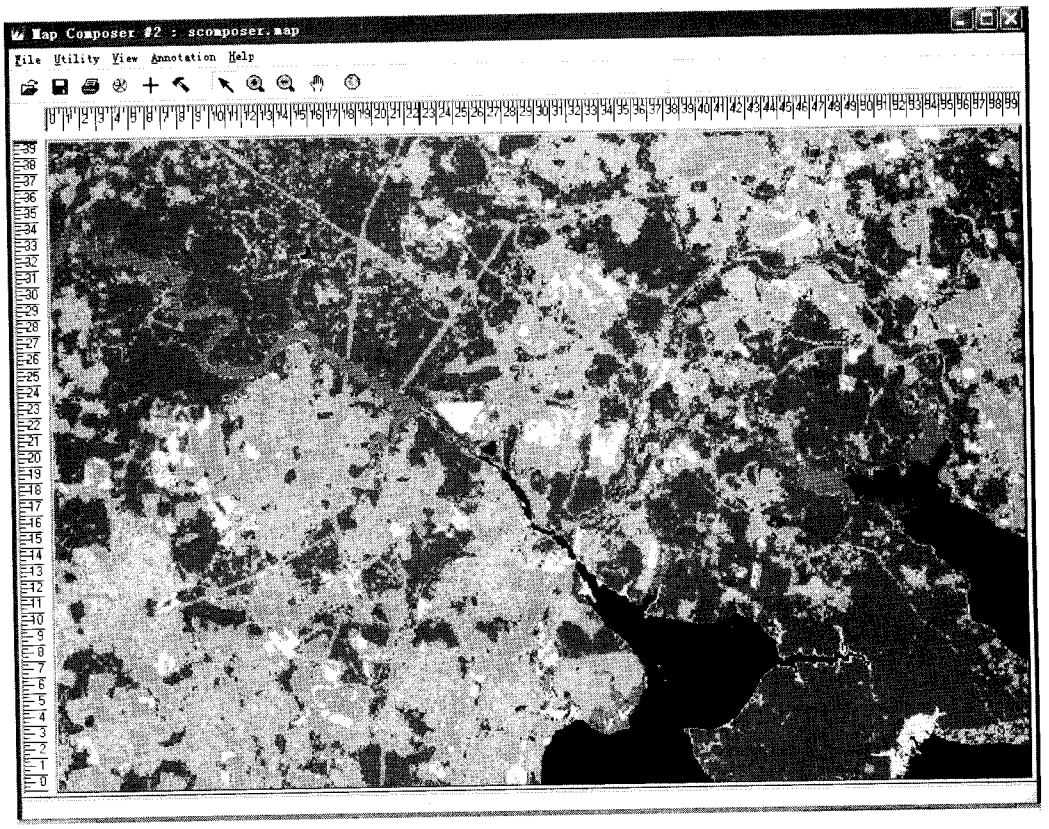


图 12.55　Scomposer 输出图面窗口

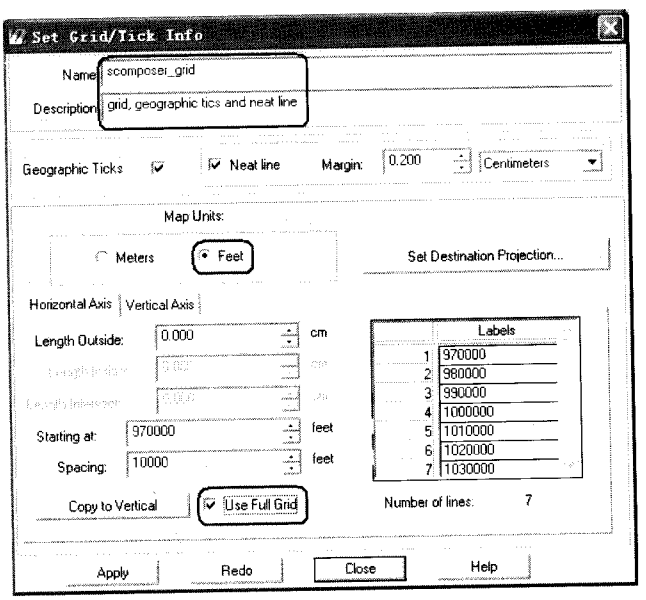


图 12.56　Set Grid / Tick Info 对话框设置

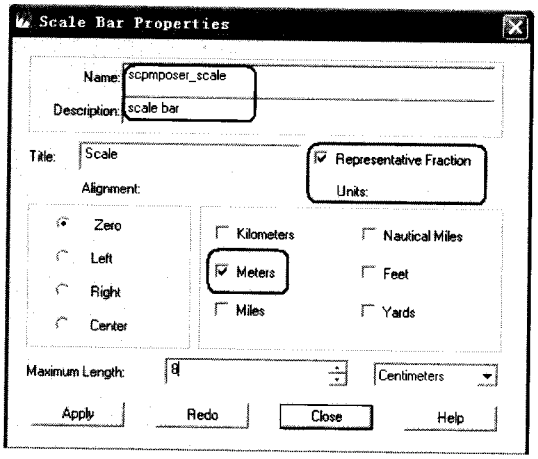


图 12.57　Scale Bar Properties 对话框

鼠标指定绘制图例的依据，随即打开 Legend Properties 对话框。如图 12.58 至图 12.61 所示，定义参数，点击 Apply 按钮，点击 Close 按钮。

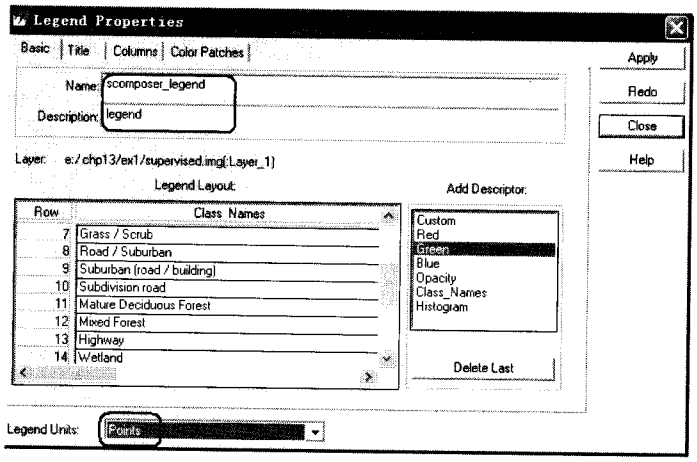


图 12.58　Legend Properties 对话框——Basic 选项卡设置

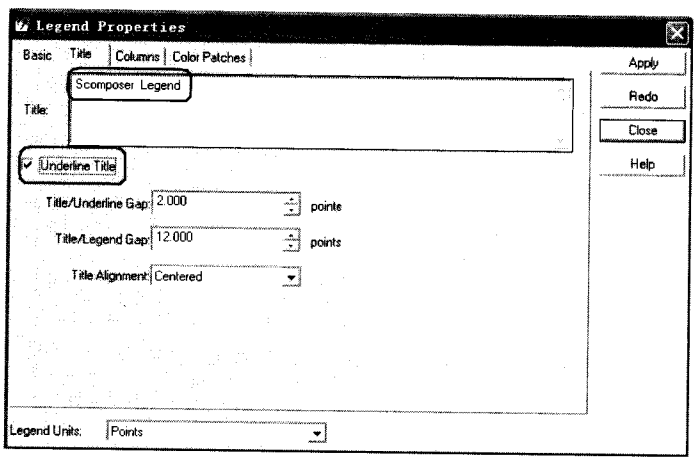


图 12.59　Legend Properties 对话框——Title 选项卡设置

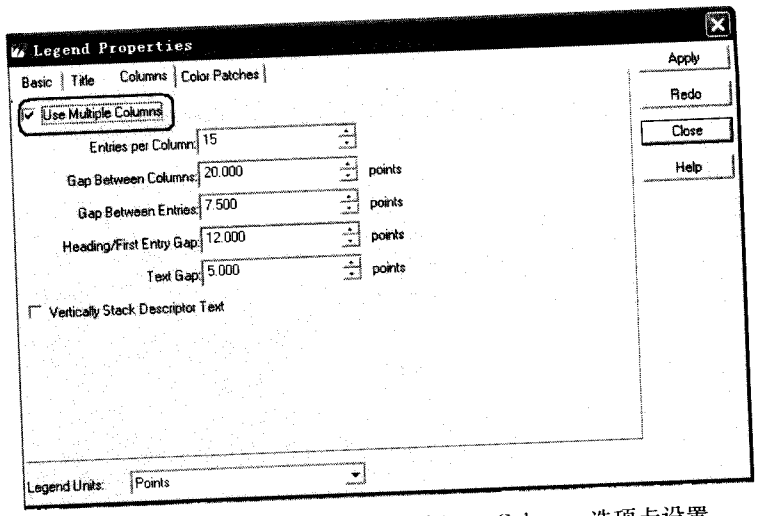


图 12.60　Legend Properties 对话框——Columns 选项卡设置

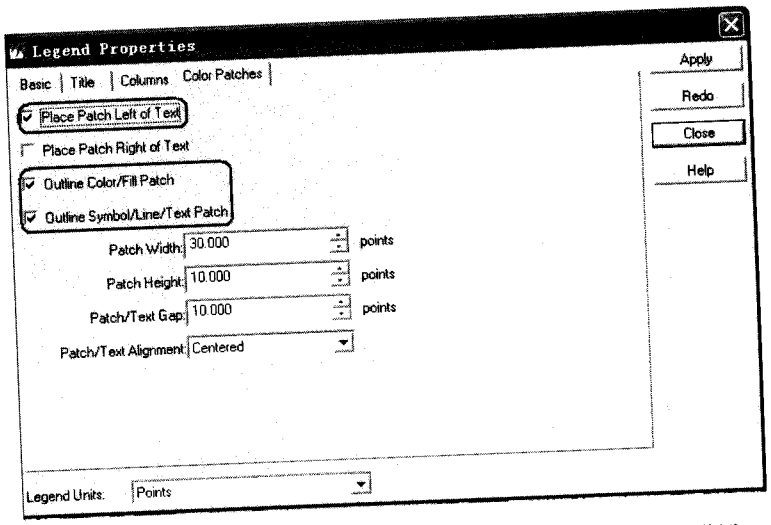


图 12.61　Legend Properties 对话框——Color Patches 选项卡设置

(7) 绘制指北针。

在 Map Composer 视窗菜单条，选择 Annotation | Styles 命令，打开 Styles for Composer 对话框。

选择 Symbol Styles | Other 命令，打开 Symbol Chooser 对话框，确定指北针类型。

在 Annotation 工具面板，点击图标 ，鼠标左键放置指北针。

(8) 放置地图图名。

在 Map Composer 视窗菜单条，选择 Annotation | Styles 命令，打开 Styles for Composer 对话框。

选择 Text Styles | Other 命令，打开 Text Style Chooser 对话框，选择字体。

在 Annotation 工具面板，点击图标 A。放置图名位置，随即打开 Annotation Text

对话框，在 Annotation Text 对话框中输入图名字符串。点击 Apply 按钮，点击 OK 按钮（图 12.62）。

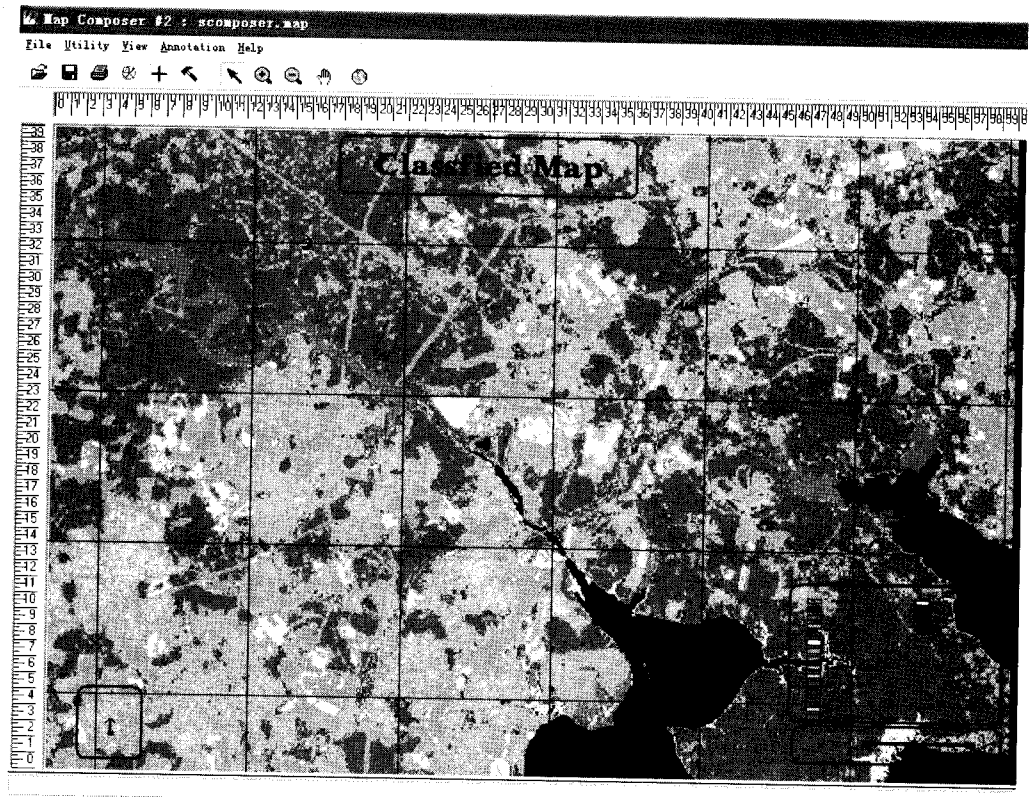


图 12.62　专题制图结果

（9）保存专题制图文件。

选择 File 菜单 | Save | Map Composition 命令，保存制图文件（scomposer.map）。

主要参考文献

曹彤，胡卫民. 2001. TM 图像的大地校正及其镶嵌方法研究. 国土资源遥感，(3)：36～40

党安荣，王晓栋，陈晓峰，等. 2003. ERADAS IMAGINE 遥感图像处理方法. 北京：清华大学出版社

董瑛，相里斌，赵葆常. 2003. Fourier 变换光谱学的一种光谱分辨率增强方法. 光谱学与光谱分析，23 (3)：441～445

樊旭艳，付春龙，石继海，等. 2006. 基于主成分分析的遥感图像模拟真彩色融合法. 测绘科学技术学报，23 (4)：287～290

付强，岳继光，萧蕴诗. 2007. Karhunen-Loeve 变换在地震数据滤波中的应用. 计算机辅助工程，16 (2)：56～61

管志杰，赵政. 2000. 地图投影变换及其在 GIS 中的应用. 计算机工程与应用，(6)：50～52

郭华东，等. 2000. 雷达对地观测理论与应用. 北京：科学出版社. 12

郭凯，孙培新，刘卫国. 2005. 利用 ERDAS IMAGINE 从遥感影像中提取植被指数. 西部探矿工程，6：210～212

韩玲，吴汉宁. 2004. 多源遥感影像数据融合的理论与技术. 西北大学学报（自然科学版），34 (4)：457～460

韩孜，胡高翔. 2007. 一种基于 FIRE 滤波器的遥感图像增强. 武汉理工大学学报（信息与管理工程版），29 (2)：8～11

黄益群，范国良. 2004. Fourier 变换及其应用. 安庆师范学院学报（自然科学版），10 (3)：69～71；

蒋青松，王建宇. 2003. 实用型模块化成像光谱仪多光谱图像的信噪比估算及压缩方法研究. 光学学报，23 (11)：1335～1340

李聪，曹占洲，李良序，等. 2007. 草地植被指数季节变化的遥感动态监测研究. 沙漠与绿洲气象，1 (3)：26～29

李晓娟. 2007. 图像拼接技术研究 [硕士学位论文]. 西安：西安电子科技大学

梁伟，杨勤科. 2006. 彩色空间变换在 DEM 与遥感影像复合中的应用研究. 水土保持通报，26 (6)：59～62

刘德长，谢红接，李剑锋，等. 1999. 高光谱数据处理及在铀资源勘查中的应用——以广西苗儿山地区为例. 国土资源遥感，3 (41)：65～71

刘礼，李明阳. 2006. 空间视域分析在风景区旅游服务设施规划中的应用——以中山陵风景区为例. 林业调查规划，31 (6)：134～137

刘学军，周启鸣. 2006. 数字地形分析. 北京：科学出版社. 5

刘志丽，陈曦. 2001. 基于 ERDAS IMAGING 软件的 TM 影像几何精校正方法初探. 干旱区地理，24 (4)：353～358

梅安新，彭望琭，秦其明，等. 2001. 遥感导论. 北京：高等教育出版社

孟春林. 2001. TM 影像阴影消除的探讨. 云南林业调查规划设计，26 (1)：36～39

孟姣姣，武文波. 基于 ERDAS IMAGINE 的三维景观漫游系统的实现，中国科技论文在线

欧春江. 2006. 实例分析遥感图像处理中的主成分分析. 测绘与空间地理信息，29 (5)：56～59

浦瑞良，宫鹏. 2000. 高光谱遥感及其应用. 北京：高等教育出版社

钱晓凡，钟丽云，吕晓旭. 2004. 彩色数字图像全息变换的计算机实现方法. 激光杂志，25 (3)：52，53

汤国安，刘学军，闾国年. 2005. 数字高程模型及地学分析的原理与方法. 北京：科学出版社. 8
汤国安，杨昕. 2006. ArcGIS地理信息系统空间分析实习教程. 北京：科学出版社
汤国安，张友顺，刘咏梅，等. 2004. 遥感数字图像处理. 北京：科学出版社
田金文，苏康，柳健，等. 1998. 航空影像的自动无缝镶嵌. 华中理工大学学报，26 (11)：11～13
田庆久，张良培，郑兰芬，等. 1996. 成像光谱遥感定标模型的分析与评价. 遥感技术与应用，11 (3)：16～21
王珏，陈映鹰. 2001. 数字正射影像地图的生成及进一步开发利用. 遥感信息，(2)：31～34
韦玉春，陈锁忠，等. 2005. 地理建模原理与方法. 北京：科学出版社
卫亚星，王莉雯. 2006. 遥感图像增强方法分析. 测绘与空间地理信息，29 (2)：3～7
武文波，王广军，王忠义. 2002. TM影像在土地利用现状调查中的应用. 辽宁工程技术大学学报（自然科学版），21 (2)：157～159
肖国超，等. 2001. 雷达摄影测量. 北京：地震出版社
杨金香，程学丰. 2006. 基于ERDAS IMAGINE操作平台的遥感图像处理. 测绘与空间地理信息，29 (2)：107～110
张禾. 2007. 基于纹理特征的遥感影像居民地自动提取方法. 江汉石油职工大学学报. 20 (4)：93～96
张剑清，潘励，王树根. 2003. 摄影测量学. 武汉：武汉大学出版社
章孝灿，黄智才，赵元洪. 2003. 数字图像处理. 杭州：浙江大学出版社
赵英时. 2003. 遥感应用分析原理与方法. 北京：科学出版社
庄晓婵. 2007. 图像融合算法研究 [硕士学位论文]. 西安：西北工业大学
Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer (AVIRIS) and Geophysical Environmental Research Imaging Spectromer (GERIS) Data. 1988. Proceedings of the Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer (AVIRIS) Performance Evaluation Workshop. JPL Publication 88-38. Pasadena, California: Jet Propulsion Laboratory. 62～75
Berman M, Kiiveri H, Lagerstrom R, et al. 2004. A Statistical Approach To Identifying End members In Hyperspectral Images. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, (42): 2085～2095
Green A A, Craig M D. 1985. Analysis of Aircraft Spectrometer Data with Logarithmic Residuals. Proceedings of the Airborne Imaging Spectrometer Workshop. JPL Publication 85-41. Pasadena, California: JPL. 111～119
Jensen, J R. 2000. Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall. 544
Jensen J R. 2007. 遥感数字影像处理导论. 陈晓玲，等译. 北京：机械工业出版社
Kruse F A. 1988. Use of Airborne Imaging Spectrometer Data to Map Minerals Associated with Hydrothermally Altered Rocks in the Northern Grapevine Mountains, Nevada and California. Remote Sensing of Environment, 24 (1): 31～51
Kruse F A, Calvin W M, Seznec O. 1988. Automated Extraction of Absorption Features from Airborne Visible/ Infrared Imaging Spectrometer (AVIRIS) and Geophysical and Enviromental Research Imaging Spectrometer (GERIS) data
Leica Geosystems Geospatial Imaging LLC. 2006. Stereo Analyst User's Guide
Vane G, Goetz A F H. 1993. Terrestrial imaging spectrometry: current status, future trends. Remote Sensing of Environment, 44: 117～126
Zhang J, Benoit R, Arturo S. 2005. Spectral Unmixing of Normalized Reflectance Data for the Deconvolution of Lichen And Rock Mixtures. Remote Sensing of Environment, (95): 57～66

(P-1860.0101)

ERDAS
遥感数字图像处理实验教程

ISBN 978-7-03-023417-9



定价：59.00 元(含光盘)

销售分类建议：遥感/地理信息